

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 6月18日
Date of Application:

出願番号 特願2003-174077
Application Number:

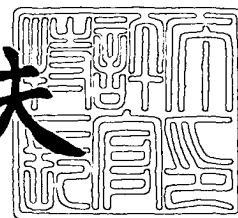
[ST. 10/C] : [JP 2003-174077]

出願人 日本碍子株式会社
Applicant(s):

2003年 7月28日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3059857

【書類名】 特許願

【整理番号】 WP04422

【提出日】 平成15年 6月18日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 H01L 41/09
G02B 26/08

【発明の名称】 圧電アクチュエータアレイ及び製造方法

【請求項の数】 15

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社内

【氏名】 川口 竜生

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社内

【氏名】 木村 浩二

【特許出願人】

【識別番号】 000004064

【氏名又は名称】 日本碍子株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088616

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 一平

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-230101

【出願日】 平成14年 8月 7日

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-355633

【出願日】 平成14年12月 6日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009689

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9001231

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 圧電アクチュエータアレイ及び製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 板状又は柱状の圧電体と、前記圧電体に配設された少なくとも一対の電極を含み、前記圧電体の圧電効果に基づき駆動される圧電素子を備え、前記圧電素子が平面的に配列された一次元圧電アクチュエータアレイであって、

前記圧電素子が、櫛歯をその一方の端部で連結した全体として平面的な櫛歯形状となるように成形されて、前記櫛歯の部分を複数の駆動部とする圧電素子基板を構成するとともに、

前記圧電素子基板に加えて、前記圧電素子基板の少なくとも一部が所定の位置に収納される収納用凹部を有するガイド基板を更に備えてなり、

前記ガイド基板と前記圧電素子基板とが、階層的に積層可能な状態で一体化されてなることを特徴とする一次元圧電アクチュエータアレイ。

【請求項 2】 前記ガイド基板が、前記収納用凹部の底面に、前記駆動部の幅に対応した間隔で配設された突部及び／又は突条部を有し、

前記複数の駆動部間に前記突部及び／又は前記突条部が挟入されて、前記ガイド基板と前記圧電素子基板とが一体化されてなる請求項 1 に記載の一次元圧電アクチュエータアレイ。

【請求項 3】 前記ガイド基板に、前記電極と接続される配線回路が配設されてなる請求項 1 又は 2 に記載の一次元圧電アクチュエータアレイ。

【請求項 4】 請求項 1～3 の何れか一項に記載の一次元圧電アクチュエータアレイが、複数、階層的に積層され、前記複数の駆動部が立体的に整列配置されてなることを特徴とする二次元圧電アクチュエータアレイ。

【請求項 5】 板状又は柱状の圧電体と、前記圧電体に配設された少なくとも一対の電極を含み、前記圧電体の圧電効果に基づき駆動される圧電素子を備え、前記圧電素子が立体的に配列された二次元圧電アクチュエータアレイであって、

前記圧電素子が、櫛歯をその一方の端部で連結した全体として平面的な櫛歯形状となるように成形されて、前記櫛歯の部分を複数の駆動部とする圧電素子基板を構成するとともに、

前記圧電素子基板に加えて、中空箱状で、互いに対向する内表面に、前記圧電素子基板の複数が所定間隔を隔てた所定の位置に整列した状態で収納される、前記圧電素子基板の厚さに対応した間隔で、前記圧電素子基板の個数に対応して複数対配設された収納用ガイド溝を有する第一のガイド枠体を更に備えてなり、

複数の前記圧電素子基板のそれぞれが、前記第一のガイド枠体の対応する前記ガイド溝のそれぞれに挿入、収納されて、前記複数の駆動部が立体的に整列配置されてなることを特徴とする二次元圧電アクチュエータアレイ。

【請求項 6】 隣接する前記ガイド溝どうしの間隔と略同じ間隔で、前記複数の駆動部の先端部に対応した形状のスリットが形成された蓋体を更に備え、

前記複数の駆動部の前記先端部が前記スリットに挿入されて位置決めされてなる請求項 5 に記載の二次元圧電アクチュエータアレイ。

【請求項 7】 前記複数の駆動部と略同じ立体的に整列配置された構造を有する配線部品が前記電極にそれぞれ接続されてなる請求項 5 又は 6 に記載の二次元圧電アクチュエータアレイ。

【請求項 8】 板状又は柱状の圧電体と、前記圧電体に配設された少なくとも一対の電極を含み、前記圧電体の圧電効果に基づき駆動される複数の圧電素子を備え、前記圧電素子が平面的に配列された一次元圧電アクチュエータアレイであって、

前記複数の圧電素子は、各々が分離独立した状態で平面的に配列され、

前記圧電素子に加えて、前記複数の圧電素子の各々の少なくとも一部が所定の位置に収納される収納用凹部を有するガイド基板を更に備えてなり、

前記ガイド基板と前記複数の圧電素子とが、階層的に積層可能な状態で一体化されてなることを特徴とする一次元圧電アクチュエータアレイ。

【請求項 9】 板状又は柱状の圧電体と、前記圧電体に配設された少なくとも一対の電極を含み、前記圧電体の圧電効果に基づき駆動される複数の圧電素子を備え、前記圧電素子が立体的に配列された二次元圧電アクチュエータアレイであって、

前記圧電素子に加えて、格子状に配列された複数の開口部、及び前記複数の開口部に連通する、前記複数の圧電素子を位置決めして収納する収納空間を有する

第二のガイド枠体を更に備えてなり、

前記複数の圧電素子のそれぞれが、前記第二のガイド枠体の対応する前記収納空間の前記複数の開口部から挿入、収納されて、前記複数の圧電素子が立体的に整列配置されてなることを特徴とする二次元圧電アクチュエータアレイ。

【請求項 10】 前記複数の圧電素子と略同じ立体的に整列配置された構造を有する配線部品が前記電極にそれぞれ接続されてなる請求項 9 に記載の二次元圧電アクチュエータアレイ。

【請求項 11】 圧電体と電極とを含む圧電素子が平面的に配列された一次元圧電アクチュエータアレイの製造方法であって、

圧電材料をシート状に成形して圧電体シートを作製する第一の工程と、

前記圧電体シートの少なくとも一方の面に電極を形成する第二の工程と、

前記圧電体シートを、櫛歯をその一方の端部で連結した全体として平面的な櫛形状となるように成形して、前記櫛歯の部分を複数の駆動部とする圧電素子基板を作製する第三の工程と、

前記圧電素子基板の少なくとも一部を所定の位置に一体化して収納する収納用凹部を有するガイド基板を作製する第四の工程と、

前記ガイド基板に前記圧電素子基板を収納して、前記圧電素子基板を構成する前記複数の駆動部が平面的に整列配置されてなる一次元圧電アクチュエータアレイを作製する第五の工程と、を含むことを特徴とする一次元圧電アクチュエータアレイの製造方法。

【請求項 12】 圧電体と電極とを含む圧電素子が立体的に配列された二次元圧電アクチュエータアレイの製造方法であって、

圧電材料をシート状に成形して圧電体シートを作製する工程 A と、

前記圧電体シートの少なくとも一方の面に電極を形成する工程 B と、

前記圧電体シートを、櫛歯をその一方の端部で連結した全体として平面的な櫛形状となるように成形して、前記櫛歯の部分を複数の駆動部とする複数の圧電素子基板を作製する工程 C と、

前記圧電素子基板の少なくとも一部を所定の位置に一体化して収納する収納用凹部を有するガイド基板を作製する工程 D と、

前記ガイド基板に前記圧電素子基板を収納して、一次元圧電アクチュエータアレイを作製する工程 E と、

複数の前記一次元圧電アクチュエータアレイを階層的に積層して、前記圧電素子基板を構成する前記複数の駆動部が立体的に整列配置されてなる二次元圧電アクチュエータアレイを作製する工程 F と、を含むことを特徴とする二次元圧電アクチュエータアレイの製造方法。

【請求項 13】 前記ガイド基板に、前記複数の一次元圧電アクチュエータアレイを階層的に積層する際の位置決め機能を有する位置決め手段を形成し、

前記ガイド基板に前記圧電素子基板を収納して、前記一次元圧電アクチュエータアレイを作製し、

複数の前記一次元圧電アクチュエータアレイを、前記位置決め手段の機能を利用しつつ階層的に積層して、前記圧電素子基板を構成する前記複数の駆動部が立体的に整列配置されてなる二次元圧電アクチュエータアレイを作製する請求項 12 に記載の二次元圧電アクチュエータアレイの製造方法。

【請求項 14】 前記位置決め手段がスルーホール及び／又はマーカーである請求項 13 に記載の二次元圧電アクチュエータアレイの製造方法。

【請求項 15】 圧電体と電極とを含む圧電素子が立体的に配列された二次元圧電アクチュエータアレイの製造方法であって、

圧電材料をシート状に成形して圧電体シートを作製する工程 1 と、

前記圧電体シートの少なくとも一方の面に電極を形成する工程 2 と、

前記圧電体シートを、櫛歯をその一方の端部で連結した全体として平面的な櫛形状となるように成形して、前記櫛歯の部分を複数の駆動部とする圧電素子基板を作製する工程 3 と、

中空箱状で、互いに対向する内表面に、前記圧電素子基板の複数の所定間隔を隔てた所定の位置に整列した状態で収納される、前記圧電素子基板の厚さに対応した間隔で、前記圧電素子基板の個数に対応して複数対配設された収納用ガイド溝を有する第一のガイド枠体を作製する工程 4 と、

前記第一のガイド枠体の前記収納用ガイド溝のそれぞれに複数の前記圧電素子基板のそれぞれを収納して、前記圧電素子基板を構成する前記複数の駆動部が立

体的に整列配置されてなる二次元圧電アクチュエータアレイを作製する工程5と、を含むことを特徴とする二次元圧電アクチュエータアレイの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、逆圧電効果等の電界誘起歪みを利用する電気／機械エネルギー変換に基づいて変位を生じるアクチュエータアレイに関する。より詳細には、光スイッチ、光シャッター、ミラーアレイ等の光学系マイクロデバイスや、画像表示装置、高周波フィルタ、マイクロポンプ、液滴吐出装置等に好適に使用され、高い発生力と大きな変位を兼ね備えるとともに、変位を生じる圧電体が発生力と変位量の両立に優位な高アスペクト比なものであっても、ハンドリングが容易で位置決めが行い易い圧電アクチュエータアレイと、その製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、光学、精密機械、半導体製造等の分野において、サブミクロンのオーダーで光路長や位置を調整する変位制御デバイスが所望されるようになってきている。これに応え、強誘電体や反強誘電体に電界を加えたときに起こる逆圧電効果や電歪効果等に基づくところの歪みを利用したアクチュエータの開発が進められている。これら電界誘起歪みを利用する変位制御デバイスは、従来のサーボモータ等による電磁方式等に比較して、微小変位制御が容易であり、電気／機械エネルギー変換効率が高く省電力化が図れ、超精密に実装出来て製品の小型軽量化に寄与出来る、等の特徴を有し、応用分野は拡大の一途を辿るものと考えられている。

【0003】 例えば、光スイッチにおいては、入力光の伝達経路の切り替えを行うアクチュエータ部として圧電アクチュエータを用いることが提案されている。光スイッチの一例を図20(a)、図20(b)に示す。図20(a)、図20(b)に示される光スイッチ200は、光伝達部201と光路変更部208とアクチュエータ部211とからなる。詳細には、光伝達部201は、光路変更部208に対向する面の一部に設けられる光反射面101、及び、光反射面101を起点に3方向に向けて設けられる光伝達経路202, 204, 205を有し、

又、光路変更部 208 は、光伝達部 201 の光反射面 101 に移動可能な状態で近接され、透光性の材質からなる光導入部材 209、及び、光を全反射する光反射部材 210 を有し、更には、アクチュエータ部 211 は、外部信号により変位し、変位を光路変更部 208 に伝達する機構を有する。

【0004】 光スイッチ 200 は、図 20 (a) に示すように、電圧の印加等の外部信号によりアクチュエータ部 211 が作動し、アクチュエータ部 211 の変位により光路変更部 208 が光伝達部 201 から離隔され、光伝達部 201 の光伝達経路 202 に入力された光 221 が、屈折率を所定の値に調節してある光伝達部 201 の光反射面 101 において透過することなく全反射し、出力側の一の光伝達経路 204 に伝達される。

【0005】 一方、この状態から、逆に、アクチュエータ部 211 を非作動状態とすると、図 20 (b) に示すように、アクチュエータ部 211 の変位が元に戻り、光路変更部 208 の光導入部材 209 が、光伝達部 201 に光の波長以下の距離で接触するため、光伝達経路 202 に入力された光 221 は、光導入部材 209 により光伝達部 201 から光導入部材 209 に取り出され、光導入部材 209 の中を透過する。この光導入部材 209 の中を透過した光 221 は、光反射部材 210 まで達するが、この光反射部材 210 の反射面 102 で反射されることにより、光伝達部 201 の光反射面 101 で反射した光とは異なる出力側の他の光伝達経路 205 に伝達される。

【0006】 上記したような光スイッチにおいて、より高性能化を図るにあたっては、先ず、ON/OFF 比（コントラスト）を大きく取りたいという要望がある。ON/OFF 比（コントラスト）を大きくするためには、上記した光スイッチ 200 において、光路変更部 208 の光伝達部 201 との接触・離隔動作を確実にすることが重要であり、アクチュエータ部は大きなストローク、即ち、大きく変位するものであることが好ましい。

【0007】 又、より高性能化を図るにはスイッチングにかかる損失を小さくしたいという要望がある。この場合、光路変更部 208 の面積を大きくしつつ光伝達部 201 との実質的な接触面積を増やすことが重要である。そして、そのような接触面積の増加は、離隔にかかる確実性を低下させる要因となるので、アク

チュエータ部には大きな力を発生出来るものが必要となる。

【0008】 即ち、光スイッチの高性能化にあたっては、アクチュエータ部として、変位量と発生力とを両立出来る圧電アクチュエータが望まれているのである。加えて、光スイッチにおいては、今後、光電変換しない光ネットワークシステムの構築が進むに従い光交換器の回線数が増す一方で、光交換器は、より小型化が求められることから、光交換器の一構成要素としての光スイッチに、より高集積なものが要求されている。

【0009】 しかしながら、従来知られたユニモルフ乃至バイモルフ型（以下、これらを屈曲変位素子ともよぶ）の圧電素子を複数個配置した圧電アクチュエータでは、電界印加時の圧電素子自身の僅かな伸縮歪みを屈曲モードに変換して屈曲変位とするため、圧電素子の素子長に比例して大きな変位を得ることは容易であるものの、歪みの変換を行うため、圧電素子の直接の発生歪みにかかる発生応力を、そのまま利用することが出来ず、変位と同時に発生力を大きくすることは非常に困難なものである。

【0010】 又、屈曲変位素子は、板状の圧電体を変位方向に対して概ね垂直に配置する構成をとるため、自ずから素子寸法（幅乃至厚さ）は大きくならざるを得ず、従ってピッチも小さくし高密度に配置することは困難である。

【0011】 従来、圧電素子を高密度に配置するアクチュエータが提案されている（例えば、特許文献1参照）。特許文献1における圧電アクチュエータは、インクジェット方式記録装置に最適なものであり、駆動機構として機能する柱状の圧電素子が基盤目状に平面配置され高集積に配置出来る圧電アクチュエータとして開示されている。そして、その圧電アクチュエータは、インクジェット方式の記録装置における単位面積あたりのインク吐出ノズル数を高めることが出来る効果を有するとされている。

【0012】 しかしながら、開示された圧電アクチュエータは、予め共通電極乃至印加電極が塗布されたグリーンシートを積層して焼成した後に、柱状の圧電素子を分離独立させるためにダイシングソーにより溝を加工したものであることから、次に示す少なくとも2つの問題を抱えていた。

【0013】 先ず、電極が圧電素子内に予め収容された構造であることから、

焼成時の歪みの影響を受け、分離独立された個々の圧電素子の電極－圧電体からなる層構造が不均一になり易く、素子間に特性のバラツキを引き起こすという問題である。加えて、その焼成歪みを考慮すると、自ずから素子寸法（幅乃至厚さ）は大きくならざるを得ず、従ってピッチも小さくすることが困難である。開示された形態例によれば、圧電素子の幅が0.3 mm、溝の幅が0.209～0.718 mmであり、概ね1 mm²あたり1つの圧電素子が配置される密度であるが、これは、近時におけるインクジェットプリンタに求められる解像度に対応するには十分な集積度とはいえない。又、この集積度は、上記した図20（a）、図20（b）に示す態様を一例とする光スイッチにおいても満足出来るものではない。

【0014】 次いで、開示された圧電アクチュエータにおいて、分離独立した圧電素子はダイシングソー加工により形成されるが、加工上の制約により溝の深さ、即ち、圧電素子の高さは小さく制限されざるを得ないという問題である。発生変位が圧電素子の高さに依存する横効果型素子にとって、その高さに制限があつては、得られる変位も十分なものではない。即ち、開示された圧電アクチュエータは、高集積度と高特性の指標である圧電素子（圧電体）のアスペクト比（高さ／厚さ）を大きくすることは出来ないものであつた。従って、インクジェットプリンタに限らず、光スイッチ等のアクチュエータ部としても好ましいものではない。

【0015】

【特許文献1】

特許第3058143号公報（第1図）

【0016】

【発明が解決しようとする課題】 以上の説明の通り、発生変位と発生力とを両立し、尚且つ、独立して極高密度に配置可能である圧電アクチュエータが求められているが、従来、提案されていなかった。本発明は、このような要求に応えるべくなされたものである。即ち、本発明の目的とするところは、より低電圧で大変位が得られ、且つ、発生力が大きく、加えて、実装性に優れ、より高集積化が可能である圧電アクチュエータと、その製造方法を提供することにある。そして

、その圧電アクチュエータを、光スイッチ、光シャッター、ミラーアレイ等の光学系マイクロデバイスや、画像表示装置、高周波フィルタ、マイクロポンプ、液滴吐出装置等に適用し、これらの性能向上を図ることにある。

【0017】 圧電アクチュエータについて、検討が重ねられた結果、以下に示す圧電アクチュエータアレイにより、上記目的が達成可能なことが見いだされた。

【0018】

【課題を解決するための手段】 本発明によれば、一次元、及び二次元圧電アクチュエータアレイと、一次元及び二次元圧電アクチュエータアレイの製造方法とが提供される。

【0019】 先ず、一次元圧電アクチュエータアレイは、板状又は柱状の圧電体と、前記圧電体に配設された少なくとも一対の電極を含み、前記圧電体の圧電効果に基づき駆動される圧電素子を備え、前記圧電素子が平面的に配列された一次元圧電アクチュエータアレイであって、前記圧電素子が、櫛歯をその一方の端部で連結した全体として平面的な櫛形状となるように成形されて、前記櫛歯の部分を複数の駆動部とする圧電素子基板を構成するとともに、前記圧電素子基板に加えて、前記圧電素子基板の少なくとも一部が所定の位置に収納される収納用凹部を有するガイド基板を更に備えてなり、前記ガイド基板と前記圧電素子基板とが、階層的に積層可能な状態で一体化されてなることを特徴とする一次元圧電アクチュエータアレイ（アレイ状圧電アクチュエータ）である。

【0020】 本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイにおいては、ガイド基板が、収納用凹部の底面に、駆動部の幅に対応した間隔で配設された突部及び／又は突条部を有し、複数の駆動部間に突部及び／又は突条部が挟入されて、ガイド基板と圧電素子基板とが一体化されてなることが好ましい。

【0021】 又、圧電体に電圧を印加するため一対の電極と接続される配線回路は、ガイド基板とは別の基板（部品）に配設されていてもよいが、ガイド基板に配設されてなることが好ましい。より構造が単純になり作製し易いことから、コスト低減が図れ歩留まりが向上するからである。

【0022】 本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイにおいては、駆動

部の、変位方向に概ね平行な軸線の真直度が概ね $30\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。尚、本発明において、圧電素子基板の形状は全体として櫛形形状であるが、個々の櫛歯の部分（駆動部）の形状は均一である必要はなく、用途に応じて異なる形状の櫛歯を組み合わせてなる櫛形形状であってもよい。

【0023】 又、圧電素子の駆動部は、変位方向の長さと、変位方向と概ね垂直な断面において軸線を通る最短距離との比、即ちアスペクト比が、概ね $10:1 \sim 1000:1$ であることが好ましい。アスペクト比が $10:1$ より小さい場合には、上記圧電素子基板（一次元構造体）であれば位置決めが容易に出来るためガイド基板を用いなくてもよい場合がある。一方、アスペクト比が $1000:1$ より大きいと、圧電素子基板を構成する圧電素子そのものの強度が低下し、ガイド基板を用いてもその強度を維持することが困難となる場合がある。

【0024】 更に、駆動部の変位方向の長さと、隣接する駆動部どうしの間隔との比が、概ね $10:1 \sim 1000:1$ となるような高い密度で配置することが可能である。尚、隣接する駆動部どうしの間隔（ピッチ）は、均一であっても、不均一（バラバラ）であってもよい。

【0025】 又、本発明によれば、これまで述べてきた上記のいずれかの一次元圧電アクチュエータアレイが、複数、階層的に積層され、前記複数の駆動部が立体的に整列配置されてなることを特徴とする二次元圧電アクチュエータアレイが提供される。

【0026】 特に、二次元圧電アクチュエータアレイにおいては、圧電素子の駆動部を、より高集積に配設する上でガイド基板の平面度が重要である。ガイド基板の平面度は、ガイド基板の厚さの $1/5$ 以下であることが望ましく、 $1/10$ 以下であることが更に望ましい。又、ガイド基板の厚さは薄いほど望ましく、その強度は圧電体の強度よりも大きいことが望ましい。尚、本発明においては、圧電素子基板の形状は全体として櫛形形状であるが、個々の圧電素子基板の形状は同一の櫛形形状である必要はなく、異なる櫛形形状の圧電素子基板の複数を用いてもよい。例えば、組み合わされる圧電素子基板毎の櫛歯の長さが異なってもよい。

【0027】 又、本発明によれば、板状又は柱状の圧電体と、前記圧電体に配

設された少なくとも一対の電極を含み、前記圧電体の圧電効果に基づき駆動される圧電素子を備え、前記圧電素子が立体的に配列された二次元圧電アクチュエータアレイであって、前記圧電素子が、櫛歯をその一方の端部で連結した全体として平面的な櫛形形状となるように成形されて、前記櫛歯の部分を複数の駆動部とする圧電素子基板を構成するとともに、前記圧電素子基板に加えて、中空箱状で、互いに対向する内表面に、前記圧電素子基板の複数の所定間隔を隔てた所定の位置に整列した状態で収納される、前記圧電素子基板の厚さに対応した間隔で、前記圧電素子基板の個数に対応して複数対配設された収納用ガイド溝を有する第一のガイド枠体を更に備えてなり、複数の前記圧電素子基板のそれぞれが、前記第一のガイド枠体の対応する前記ガイド溝のそれぞれに挿入、収納されて、前記複数の駆動部が立体的に整列配置されてなることを特徴とする二次元圧電アクチュエータアレイ（アレイ状圧電アクチュエータ）が提供される。

【0028】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイにおいては、隣接するガイド溝どうしの間隔と概ね同じ間隔で、複数の駆動部の先端部に対応した形状のスリットが形成された蓋体を更に備え、複数の駆動部の先端部がスリットに挿入されて位置決めされてなることが好ましい。

【0029】 又、複数の駆動部と概ね同じ立体的に整列配置された構造を有する配線部品が電極にそれぞれ接続されてなることが好ましい。又、駆動部の、変位方向に概ね平行な軸線の真直度が、概ね $30\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

【0030】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイにおいては、駆動部が、変位方向の長さとは変位方向と概ね垂直な断面において軸線を通る最短距離との比、即ちアスペクト比が、概ね $10:1 \sim 1000:1$ であることが好ましい。アスペクト比が $10:1$ より小さい場合には、二次元構造体であれば位置決めが容易に出来るため、第一のガイド枠体を用いなくてもよい場合がある。一方、アスペクト比が $1000:1$ より大きいと、圧電素子基板を構成する圧電素子そのものの強度が極めて低下し、第一のガイド枠体を用いてもその強度を維持することが困難となる場合がある。

【0031】 又、駆動部の変位方向の長さとは、同一の圧電素子基板内において隣接する駆動部どうしの間隔、又は、異なる圧電素子基板で隣接する駆動部どう

）」、又は「二次元圧電アクチュエータアレイ（第二のガイド枠体型）」とよぶ。

【0035】 本明細書にいう真直度及び軸線は、日本工業規格B0621「幾何偏差の定義及び表示」に示されている。真直度とは直線形体の幾何学的に正しい直線からの狂いの大きさをいう。又、軸線とは、直線形体のうち円筒又は直方体であるように指定した対象物の各横断面における断面輪郭線の中心を結ぶ線をいう。本発明に係る圧電アクチュエータアレイでは、概ね柱体形状であり、多くは細長の直方体を呈する圧電素子の駆動部（圧電体）の軸線の真直度を極めて小さく維持出来る。このことは、本発明に係る圧電アクチュエータアレイの圧電素子の駆動部（圧電体）が、アスペクト比が大きい場合でも反りや曲がり等の変形がない幾何学的に正しい直方体に極近い形状であることを意味する。

【0036】 続いて、製造方法について説明する。先ず、本発明によれば、圧電体と電極とを含む圧電素子が平面的に配列された一次元圧電アクチュエータアレイの製造方法であって、圧電材料をシート状に成形して圧電体シートを作製する第一の工程と、前記圧電体シートの少なくとも一方の面に電極を形成する第二の工程と、前記圧電体シートを、櫛歯をその一方の端部で連結した全体として平面的な櫛歯形状となるように成形して、前記櫛歯の部分を複数の駆動部とする圧電素子基板を作製する第三の工程と、前記圧電素子基板の少なくとも一部を所定の位置に一体化して収納する収納用凹部を有するガイド基板を作製する第四の工程と、前記ガイド基板に前記圧電素子基板を収納して、前記圧電素子基板を構成する前記複数の駆動部が平面的に整列配置されてなる一次元圧電アクチュエータアレイを作製する第五の工程と、を含むことを特徴とする一次元圧電アクチュエータアレイの製造方法が提供される。

【0037】 本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイの製造方法においては、上記第一の工程～第五の工程は、その順序が限定されるものではない。詳細は後述するが、適宜順序を入れ替えたり、同時に行ってもよい。尚、工程の入れ替えが行われる場合には、それに伴って各工程に係る被処理体が変わることは、当然に理解されるべきである。

【0038】 次に、本発明によれば、圧電体と電極とを含む圧電素子が立体的

に配列された二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）の製造方法であって、圧電材料をシート状に成形して圧電体シートを作製する工程Aと、前記圧電体シートの少なくとも一方の面に電極を形成する工程Bと、前記圧電体シートを、櫛歯をその一方の端部で連結した全体として平面的な櫛歯形状となるように成形して、前記櫛歯の部分を複数の駆動部とする複数の圧電素子基板を作製する工程Cと、前記圧電素子基板の少なくとも一部を所定の位置に一体化して収納する収納用凹部を有するガイド基板を作製する工程Dと、前記ガイド基板に前記圧電素子基板を収納して、一次元圧電アクチュエータアレイを作製する工程Eと、複数の前記一次元圧電アクチュエータアレイを階層的に積層して、前記圧電素子基板を構成する前記複数の駆動部が立体的に整列配置されてなる二次元圧電アクチュエータアレイを作製する工程Fと、を含むことを特徴とする二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）の製造方法が提供される。

【0039】 又、本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）の製造方法においては、ガイド基板に、複数の一次元圧電アクチュエータアレイを階層的に積層する際の位置決め機能を有する位置決め手段を形成し、ガイド基板に圧電素子基板を収納して、一次元圧電アクチュエータアレイを作製し、複数の一次元圧電アクチュエータアレイを、位置決め手段の機能を利用しつつ階層的に積層して、圧電素子基板を構成する複数の駆動部が立体的に整列配置されてなる二次元圧電アクチュエータアレイを作製することが好ましい。

【0040】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）の製造方法においては、ガイド基板に形成する位置決め手段としてスルーホール及び／又はマーカーを採用することが出来る。スルーホールを用いた位置決め手段については後述する。マーカー（目印）による位置決め手段の具体例としては、ガラス等の透明材料からなるガイド基板を用い、その所定の位置に、例えば十字型のマーク等の位置決め用マーカーを設置する方法が挙げられる。

【0041】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）の製造方法においても、上記工程A～工程Fは、その順序が限定されるものではない。詳細は後述するが、適宜順序を入れ替えたり、同時に行ってもよい。尚、工程の入れ替えが行われる場合には、それに伴って各工程に係る被処理体が変わ

ることは、当然に理解されるべきである。

【0042】 更に、本発明によれば、圧電体と電極とを含む圧電素子が立体的に配列された二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド枠体型）の製造方法であって、圧電材料をシート状に成形して圧電体シートを作製する工程1と、前記圧電体シートの少なくとも一方の面に電極を形成する工程2と、前記圧電体シートを、櫛歯をその一方の端部で連結した全体として平面的な櫛形形状となるように成形して、前記櫛歯の部分を複数の駆動部とする圧電素子基板を作製する工程3と、中空箱状で、互いに対向する内表面に、前記圧電素子基板の複数の所定間隔を隔てた所定の位置に整列した状態で収納される、前記圧電素子基板の厚さに対応した間隔で、前記圧電素子基板の個数に対応して複数対配設された収納用ガイド溝を有する第一のガイド枠体を作製する工程4と、前記第一のガイド枠体の前記収納用ガイド溝のそれぞれに複数の前記圧電素子基板のそれぞれを収納して、前記圧電素子基板を構成する前記複数の駆動部が立体的に整列配置されてなる二次元圧電アクチュエータアレイを作製する工程5と、を含むことを特徴とする二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）の製造方法が提供される。

【0043】 又、本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイの製造方法（第一のガイド枠体型）においても、上記工程1～工程6は、その順序が限定されるものではない。詳細は後述するが、適宜順序を入れ替えたり、同時に行ってもよい。尚、工程の入れ替えが行われる場合には、それに伴って各工程に係る被処理体が変わることは、当然に理解されるべきである。

【0044】

【発明の実施の形態】 以下に、本発明の圧電アクチュエータアレイ及び製造方法について、実施の形態を説明するが、本発明は、これらに限定されて解釈されるものではなく、本発明の範囲を逸脱しない限りにおいて、当業者の知識に基づいて、種々の変更、修正、改良を加え得るものである。

【0045】 本発明に係る圧電アクチュエータアレイは、電界によって誘起される歪みを利用するアレイ状アクチュエータであって、狭義の意味での、印加電界に概ね比例した歪み量を発生する圧電効果を利用する圧電アクチュエータに限

定されず、印加電界の二乗に概ね比例した歪み量を発生する電歪効果、強誘電体材料全般に見られる分極反転、反強誘電体材料に見られる反強誘電相－強誘電相間の相転移、等の現象を利用するアクチュエータも含まれる。分極処理が行われるか否かについても、圧電アクチュエータを構成する圧電素子の圧電体に用いられる材料の性質に基づいて適宜決定される。又、本発明に係る圧電アクチュエータアレイは、圧電効果のうち縦効果を用いる態様を否定するものではないが、以下の説明においては、高アスペクト比な構成に有利な横効果を用いることを前提としている。

【0046】 以下、図面を参酌しながら、先ず、一次元圧電アクチュエータアレイについて、その特徴を挙げて具体的に説明する。

【0047】 1) ハイブリッド構造（圧電素子基板＋ガイド基板）

【0048】 図1（a）は、本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイの一実施形態を示す正面図であり、図1（b）は、図1（a）に示す一次元圧電アクチュエータアレイの平面図であり、図1（c）は、図1（a）において現れない圧電素子基板の背面のみを表す図であり、図1（d）は、櫛形状の圧電素子基板の櫛歯の部分のみを拡大して示す斜視図である。これらの図で明示されるように一次元圧電アクチュエータアレイ1は、柱状（板状）の圧電体4と一对の電極18、19とからなる圧電素子35が平面状に配列され、櫛歯をその一方の端部で連結した全体として平面的な櫛形状となるように成形されて、櫛歯の部分を駆動部31とする圧電素子基板3と、その圧電素子基板3が収納される収納用凹部9を有するガイド基板2と、を備え、ガイド基板2と圧電素子基板3とが、階層的に積層可能な状態で一体化されてなるハイブリッド構造をなすところに特徴を有し、電極18、19間に電圧をかけることで、圧電横効果により、圧電体4が、櫛歯26の延伸方向（櫛歯26先端と櫛骨27とを結ぶ方向）に伸縮変位を起こし駆動する圧電アクチュエータである（即ち、変位方向は櫛歯方向に等しい）。

【0049】 一般に、高い発生力と大きな変位を両立すべく、圧電素子を細長くし高アスペクト比に構成した場合において、圧電素子を構成する圧電体が例えば焼結したセラミックスであっても、機械的強度が低下し、ハンドリング性が悪

くなり、主に圧電素子の自重によって反りや曲がり等の変形が生じることがあり得る。変形が生じた場合には、例え高い発生力で大きな変位が得られたとしても、駆動させたときに意図する作用点からのズレが大きくなる等、アクチュエータとして満足な役目を果たせなくなるおそれが生じる。

【0050】 又、例えば圧電アクチュエータを各種マイクロデバイス等に適用するには、その製造にあたり、圧電素子の先端（作用点）を変位伝達を行う部材等にアライメントあるいは接続することが必要であるが、このような作業は非常に精密で難易度が高いことは明らかである。多数の圧電素子が整列した圧電アクチュエータアレイにおいては、アライメント作業時に他の部材等と干渉したり引っ掛かる等のトラブルが発生し易く、ガイド基板がない場合には、圧電素子に機械強度の限界を超えた衝撃が加わる等の現象が生じ、破損し易いといった問題を生ずる場合がある。

【0051】 本実施形態の一次元圧電アクチュエータアレイ 1 は、圧電素子 35 により構成される圧電素子基板 3 に加えて、その圧電素子基板 3 の少なくとも一部を所定の位置に収納し得る収納用凹部 9 を有するガイド基板 2 を備えてなるハイブリッド構造であるので、上述した問題を回避することが出来る。即ち、たとえ圧電素子 35 自体に変形が生じた場合でもガイド基板 2 自体が圧電素子 35 を保護する役割をするのに加え、所定の範囲内に変形を抑える役目を果たすからである。又、圧電素子 35 に想定外の外力が加わった場合にも、ガイド基板 2 が圧電素子 35 の変形を所定の範囲内に止めることにより、破損し難くするからである。更には、ガイド基板 2 によって圧電素子 35 の駆動部 31 が正確に位置決めされているため、変位伝達部材に圧電素子自体をアライメントしなくても接続することが可能となる等、ハンドリング性が極めて向上するからである。

【0052】 圧電素子 35（駆動部 31）に変形が生じた場合、駆動部 31 はガイド基板 2 に接しながら変位を起こすことになるが、高アスペクト比な駆動部 31 では、より高い発生力を有するのに加えて、ガイド基板 2 を、圧電素子 31 の電極 19 との接触により生じる摩擦が小さくなるように、適した材料で作製するか、又は、表面処理やコーティングを施すことにより、変位量の低下を防ぐことが出来る。

【0053】 図1（a）、図1（b）に示されるように、本実施形態の一次元圧電アクチュエータアレイ1では、ガイド基板2には収納用凹部9が形成されており、圧電素子基板3の一方の表面に近接し且つ圧電素子基板3の端面を包み込むように、圧電素子基板3がガイド基板2に収納され、両者が一体化されている。又、圧電素子基板3は、ガイド基板2に僅かな隙間を確保しつつ収納されており、一の駆動部31は、それを構成する圧電体4で圧電素子基板3の櫛骨27の部分において他の駆動部31を構成する圧電体4と一体化しており、且つ、電極19が形成された面をガイド基板2の側に向けた状態で収納され、その配置が所定の範囲内に制限されている。従って、圧電素子35の駆動部31は図示されるように高アスペクト比であるが、駆動時の作用点（櫛歯26の先端部分に相当）がズレたりバラツキを生じる可能性が極めて小さい。

【0054】 圧電素子基板とガイド基板との関係、即ち、一体化の態様は、ガイド基板が圧電素子基板の少なくとも一方の面と近接するか、又は接触し、ガイド基板が圧電素子基板の各駆動部が所定の範囲内に配置されていればよく、図示される態様に限定されるものではない。一次元圧電アクチュエータアレイ1は、ガイド基板2を下側にして（横に寝かせて）実用に供される場合には、圧電素子基板3をガイド基板2に接触させるように重力が作用するので、図示される態様でも構わないが、立てた状態で実用に供される場合には、例えば、ガイド基板が圧電素子基板の両方の主面と近接するか、又は接触する態様をとることが好ましい（図示しない）。後からガイド基板の一部として蓋板を取り付けたり、薄い中空部を有するガイド基板を作製してその中空部に圧電素子基板を挿入すること、等で実現出来る。尚、本明細書において、圧電素子基板（圧電素子、圧電体）の主面とは、電極が形成された面（圧電体においては電極が形成される面）を指す。

【0055】 又、図示しないが、ガイド基板の、圧電素子基板と近接又は接触する部分が全て面状を呈していなくてもよい。圧電素子基板を構成する圧電素子の駆動部のアスペクト比によっては、駆動時の作用点近傍（櫛歯先端）でのみ、ガイド基板が圧電素子基板（圧電素子）と近接又は接触していれば、圧電素子の位置決め精度を確保するという目的の1つを十分に達成し得るからである。勿論

、櫛歯先端と、櫛歯の中間部分（櫛歯先端と櫛骨との間）に1箇所又は数箇所に於いて、点で（小さな面で、を意味する）ガイド基板が圧電素子基板（圧電素子）と近接又は接触している態様をとることも自由である。主にアスペクト比によって影響される圧電素子の機械的強度、あるいは、アクチュエータの使用態様（立てるか寝かせるか等）によって適宜決定すればよい。

【0056】 更に、ガイド基板が、収納用凹部の底面に、駆動部の幅に対応した間隔で配設された突部及び／又は突条部を有し、複数の駆動部間に、その突部及び／又は突条部が挟入されてガイド基板と圧電素子基板とが一体化されてなることも好ましい。圧電素子において主面間距離（図1（d）に示す駆動部31の圧電体4におけるT、厚さともいう）と側面間距離（同じくW、幅ともいう）とに大きな差がない場合（圧電素子の櫛歯の延伸方向に垂直な断面が正方形に近い形状の場合）には、あるいは主面間距離が側面間距離に比べ極小さく薄い圧電素子でも両方の主面において変形が抑えられている場合には、圧電素子の駆動部を高アスペクト比にした場合に主面間方向（図1（d）中のR方向）ではなく側面間方向（即ち、同一の圧電素子基板内における駆動部の隣接方向、図1（d）中のQ方向）に変形することもあり得るが、このような変形でも所定の範囲内に抑えることが出来るからである。

【0057】 更に、図1（a）～図1（d）に示す一次元圧電アクチュエータアレイ1は、本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイに共通する以下の好ましい特徴を有している。

【0058】 2）相互独立圧電素子

【0059】 一次元圧電アクチュエータアレイ1は、圧電素子基板3の複数の駆動部31が、各々、圧電体4と一对の電極18、19とを備え、全体として平面状に配列されている。図示されるように、圧電素子基板3全体としては櫛形状であるが、これは圧電体4の形状である。圧電素子基板3のガイド基板2と対向する面の概ね全面に共通の電極19が形成される一方、電極18は櫛形の個々の櫛歯26に対応して形成される。従って、電極18により電圧をかける駆動部31を選ぶことが出来、個々の駆動部31（一次元圧電アクチュエータアレイ1において駆動部31（櫛歯26）は8本である）は、隣接する駆動部31の駆動

に関係なく、各々独立して駆動し得る。即ち、一の駆動部を伸ばし他の駆動部を縮ませるといった動作が可能であり、又、個々の駆動部に印加する電圧の大きさを変えることにより伸縮量を調節することも出来る。

【0060】 3) ガイド基板に配線回路形成

【0061】 一次元圧電アクチュエータアレイ1においては、図1(a)、図1(b)に示す如く、圧電体4の両面(対向する距離の短い方の面)に、電極18, 19が形成されている。即ち、電極18, 19は、圧電体4の、櫛歯26の延伸方向に垂直な断面の形状が長方形(長方形は、平行四辺形の一態様)である場合における、その長辺を含む面に形成されている。

【0062】 そして、圧電体4に電圧を印加するための、一对の電極18, 19と、図示しない電源とを接続するための配線22及び電極端子20, 21からなる配線回路が、ガイド基板2に形成されている。当然ながら、配線22は導線でもよいが導電性材料をガイド基板2に直接塗布して形成しても構わない。このように駆動部31を有する圧電素子35と離して電極端子20, 21を形成しておくことにより、後の電源接続作業が容易となり、製造工程に起因する歩留まり低下を防止し得る。

【0063】 配線回路に関し、本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイは、図示される一次元圧電アクチュエータアレイ1の態様に限定されない。例えば、ガイド基板は、圧電素子基板を収納して一体化する部分のみで構成し、圧電素子の電極と電源とを接続するための配線回路は、別途設ける配線基板に形成することも可能である。この場合、一次元圧電アクチュエータアレイは、圧電素子基板、ガイド基板、及び配線基板の3つの基板で構成される。

【0064】 4) 高アスペクト比な圧電素子の駆動部

【0065】 一般に、圧電アクチュエータを構成する個々の圧電素子は、

【0066】

【数1】

$$X_B = \frac{L}{T} \times d_{31} \times V$$

【0067】 で表される数式に従う変位を発生し、一方、

【0068】

【数2】

$$F_B = W \times \frac{d_{31}}{S_{11}^E} \times V$$

【0069】 で表される数式に従う応力 F_B を発生する。つまり、変位と発生力とは、別個に設計が可能なのである。ここで、 T は圧電体の厚さ、 L はその高さ、 W は幅であり、

【0070】

【数3】

$$S_{11}^E$$

【0071】 は弾性コンプライアンスである。従って、これらの数式からわかるように、形状として、圧電体の厚さ T を薄く、そして高さ L を高くすることが、変位と発生力を両立する上で有利であるが、従来、そのようなアスペクト比（ L/T ）の大きい板状体の取扱いは非常に困難で、且つ、精度よく並べることは不可能であった。

【0072】 本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイ1において、後述する製造方法により、圧電素子を構成する複数の駆動部31は、個々に取り扱われることなく、又、個々に並べられる必要もなく、容易に、平板の圧電体シートをスリット加工した櫛形の圧電素子基板3として一体的に形成される。又、ガイド基板2が圧電素子基板3と一体化され、圧電素子35を構成する個々の駆動部31もガイド基板2によって保持及び位置決めされる。従って、圧電素子35の駆動部31をアスペクト比が10～1000という高アスペクト比にすることが可能であり、低駆動電圧で、大きな変位及び発生力が得られるように構成出来る。

【0073】 5) 軸線の真直度に優れた圧電体

【0074】 一次元圧電アクチュエータアレイ1は、ガイド構造と後述する製造方法によって、圧電素子35の駆動部31を構成する圧電体4に係る軸線の真直度を極めて小さく維持出来る。即ち、細長の直方体を呈する圧電体4は、幾何

学的に正しく、変形のない直方体に極近い形状が維持出来る。従って、変位や発生力を、意図する方向に意図する量で作用させることが容易であり、圧電素子 35 の特性を効率よく利用出来るという利点を有する。又、軸線の真直度が優れているために、駆動時において、作用点のズレが生じ難く、且つ、ある対象を押す、叩く等の作用から受ける反作用に対して、高い耐性を示し、高アスペクト比な細長い形状であっても、折れ、割れ等の破損が生じ難い。

【0075】 6) 伸縮変位

【0076】 一次元圧電アクチュエータアレイ 1 は、従来の屈曲変位素子のように圧電体の伸縮する電界誘起歪みを屈曲モードの変位に変換して利用するものではなく、圧電体 4 の伸縮をそのまま変位として利用する（即ち、圧電体 4 の高さ L は変位を生じていないときの変位方向の長さに相当する）圧電アクチュエータなので、大変位を得るための設計値を、発生力及び応答性を低下させることなく決定することが容易である。

【0077】 次に、二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）について、図面を参酌しながら、その特徴を挙げて具体的に説明する。

【0078】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）は、これまで述べてきた本発明に係る、いずれかの一次元圧電アクチュエータアレイが、複数、階層的に積層され、複数の駆動部が立体的に整列配置されてなるものである。即ち、複数の駆動部を平面的に配列してなる複数の圧電素子基板が、少なくともそれぞれの間にガイド基板を挟んだ状態で積層されてなるものである。従って、積層された 1 組の圧電素子基板及びガイド基板は、上記した一次元圧電アクチュエータアレイと同じ態様をとることが出来、その場合に本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）は、上記した 1) ～ 6) に準じた特徴を備えるものとなる。加えて、積層構造をとることによる以下の特徴を有する。

【0079】 7) 二次元整列配置圧電素子

【0080】 図 2 (a) は、本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）の一実施形態を示す斜視図であり、図 2 (b) は、図 2 (a) に示す二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）の構成要素であるガイド

基板の正面図であり、図 2 (c) は、圧電素子基板の正面図である。図 2 (a) で示されるように二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）80 は、複数の駆動部 31 を平面的に配列してなる複数の圧電素子基板 3 が、それぞれの間にガイド基板 2 を挟んだ状態で積層されてなり、圧電素子 35 を構成する各駆動部 31 は、互いに独立して立体的に整列配置されるところに特徴がある。

【0081】 複数の圧電素子基板 3 は、ガイド基板 2 により立体的に位置決めされ、各圧電素子基板 3 は相互間にガイド基板 2 を挟んで独立しており、且つ、各圧電素子基板 3 は櫛骨 27 で一体化した複数の駆動部 31 が平面状に配列されていて、その平面内の駆動部 31 の配列に関わる部位に接着剤等が介在しない構造である。従って、初期的な圧電素子（駆動部）寸法、圧電素子（駆動部）ピッチ等の精度が高いことは勿論のこと、介在物の劣化という現象が生じ得ないので、長期間にわたって高い寸法精度、圧電特性が維持出来る。

【0082】 二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）80 は、複数の圧電素子基板 3 をガイド基板 2 を挟んだ状態で積層したものであるもので、後述する製造方法から明らかなように立体的に成形・裁断する等の加工工程を経ることなく作製出来る。従って、製造工程が簡素になり、コスト低減が図れる。

【0083】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）の駆動部の立体的な配列については、図示される二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）80 のような直交した配列に限らず、千鳥格子状、扇状等、目的、用途によって自由に決定される。積層される圧電素子基板毎に、櫛形形状を変えることのみによって、容易に圧電素子を構成する駆動部の数、及び配置を任意に変えることが出来る。

【0084】 又、積層される複数の圧電素子基板 3 及び複数のガイド基板 2 （図 2 (a) 中、最下層の蓋板 7 を含む）の接合方法として、着脱容易な方法、例えばボルト・ナットでの締結方法等を採用することにより、必要に応じて圧電素子基板 3 の増設、削減が可能であり、設計の自由度が増す等の利点を有する。更に、一部の駆動部が故障したときには、その故障した駆動部を含む圧電素子基板を交換することで対応出来、メンテナンス性に優れる。

【0085】 個々の圧電素子基板 3 は、図 2 (a) 、図 2 (c) で示されるよ

うに、上記した一次元圧電アクチュエータアレイ 1 と同様に、櫛歯 26 をその一方の端部（櫛骨 27）で連結した全体として平面的な櫛形状となるように成形され、櫛歯 26 の部分を複数の駆動部 31 とする形状に形成されており、柱状（板状）の複数の駆動部 31 が平面状に配列されている（図 2（a）では、図 2（c）における櫛歯 26 の先端が現れている）。圧電素子基板 3 全体としては櫛形を呈するが、これは圧電体の形状である。図 2（c）で示されるように、櫛形の圧電体の一方の面（図 2（a）における圧電素子基板 3 の下側の面）に個々の櫛歯 26 に対応して電極 18 が形成され、圧電体の他方の面（圧電素子基板 3 の、ガイド基板 2 と対向する面（図 2（a）における上側の面、図 2（c）で現れない背面））の概ね全面に共通の電極 19 が形成され、圧電素子基板 3 となる。即ち、圧電素子 35 は櫛形状に成形されており、圧電体の両面に電極 18、19 が形成されている。

【0086】 ガイド基板 2 は、圧電素子基板 3 の保持及び位置決めを行うものであり、図 2（b）に示されるように、圧電素子基板 3 の外形より僅かに大きな収納用凹部 9（僅かに凹んだ平面部）を有し、積層するにあたり圧電素子基板 3 はここへ収納（挿嵌）される。

【0087】 又、ガイド基板 2 には、圧電素子 35 の駆動部 31 を構成する圧電体に電圧を印加するための、挿嵌される圧電素子基板 3 における駆動部 31 の一対の電極 18、19 と、図示しない電源とを接続する配線 22 及び電極端子 20、21 からなる配線回路が形成される。そして、それらが図 2（a）のように積層されると、個々の櫛歯 26 に対応して形成された電極 18 に接続される電極端子 20 は、同一の圧電素子基板 3 では別個独立しつつ、異なる圧電素子基板 3 においてガイド基板 2 を通じて導通され共通電極となる。

【0088】 一方、上記したように、電極 19 は、櫛形の圧電体の電極 18 が形成される面とは反対側の面全体に形成され同一の圧電素子基板 3 では共通電極となりガイド基板 2 の電極端子 21 に接続されるが、電極端子 21 は、図 2（a）に示すように、異なる圧電素子基板 3 同士では導通されず独立を保つ。

【0089】 従って、電極端子 20（電極 18）及び電極端子 21（電極 19）の組合せにより、二次元に配列された圧電素子を有する二次元圧電アクチュエ

ータアレイ（ガイド基板型）80においても、上記「2）相互独立圧電素子」に記載した一次元圧電アクチュエータアレイ1と同様に、電圧をかける駆動部31を選ぶことが出来、駆動部31は、個別に他の駆動部31に関係なく、独立して駆動し得る。

【0090】 尚、図2（a）に示される二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）80において、最下層には配線回路は不要であることから、ガイド基板2の代わりに、蓋板7を取り付けてある。

【0091】 8）高集積圧電素子

【0092】 図2（a）に示す二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）80を構成する圧電素子の駆動部31は、電極を圧電体の外表面に膜状に形成した構造であり、後述する製造方法により、この圧電体は極薄く形成され得る。

【0093】 又、二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）80において積層されている1組の圧電素子基板3とガイド基板2とは、図1（a）～図1（d）に示す一次元圧電アクチュエータアレイ1と同じ態様であり、1枚の圧電素子基板3において、複数の駆動部31は、圧電体4部分が圧電素子基板3の櫛骨27で一体化していて、圧電素子35（駆動部31）を個々に取り扱うことなく、個々に並べる必要もなく形成され得ることから、同一の圧電素子基板3に配設され、隣接する駆動部31どうしの間隔は極狭くなっている。更に、上記「1）ハイブリッド構造」の項で説明したように、ガイド基板2が、収納用凹部9の底面に、駆動部31の幅に対応した間隔で配設された突部及び／又は突条部を有し、複数の駆動部31間に、その突部及び／又は突条部が挟入されてガイド基板2と圧電素子基板3とが一体化されており、突部及び／又は突条部が、駆動部31の側面と近接又は接触する場合には、圧電素子35の側面間方向の変形をも所定の範囲内に抑えることが出来ることから、同一の圧電素子基板3で互いに隣接する駆動部31どうしの間隔を、更に小さくつめることも可能である。

【0094】 加えて、二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）80は、複数の圧電素子基板3の間に配設されるガイド基板2も、後述する材料の採用により、極薄く作製し得ることから、ガイド基板2を挟んで積層される圧電素

子基板 3 どうしの間隔、即ち、異なる圧電素子基板 3 で互いに隣接する駆動部 3 1 どうしの間隔、は極小さくすることが出来る。

【0095】 即ち、圧電素子の駆動部 3 1 自体が、極薄く小さく、且つ、互いに隣接する駆動部 3 1 の間隔が極狭く形成される。従って、圧電素子 3 5 の駆動部 3 1 は従来になく高い集積度で配置され得る。又、「4）高アスペクト比な圧電素子の駆動部」の項で記した二次元圧電アクチュエータアレイ 1 と同様に、高アスペクト比な圧電素子の駆動部を高密度に配置することが出来る。具体的には、駆動部 3 1 の配置密度は、駆動部 3 1 の高さ L と、隣接する駆動部 3 1 との間隔との比が、概ね 10 : 1 ~ 1000 : 1 になるような配置密度である。この高い集積度を有する二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）80 は、光交換器用の光スイッチ等に用いられるアクチュエータとして好適である。

【0096】 引き続き本発明に係る圧電アクチュエータアレイの実施形態について、図面を参酌しながら、説明する。図 3（a）は、本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）の他の実施形態を示す平面図である。図 3（b）は、図 3（a）における圧電素子部分の拡大図であり、図 3（c）はガイド基板に圧電素子基板を挿嵌する様子を示す説明図である。

【0097】 図 3（a）に示す二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）90 は、突条部 8 を有するガイド基板 92 が用いられることを除いて、上記した二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）80 と同じものである。従って、上記した 1）～8）の特徴を備えている。

【0098】 更に、二次元圧電アクチュエータアレイ 1 の説明において「1）ハイブリッド構造」の項で説明した如く、ガイド基板 92 の突条部 8 が、ガイド基板 92 の収納用凹部 9 に収納（挿嵌）された圧電素子基板 3 の複数の駆動部 3 1 間の空隙に挟入され（図 3（a）及び図 3（b）参照）、駆動部 3 1 の側面と近接又は接触する態様をとることにより、駆動部 3 1 の主面間方向の変形に加え、側面間方向の変形も所定の範囲内に抑制可能としている。従って、二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）90 は、同一の圧電素子基板 3 内で隣接する駆動部 3 1 の間隔を、より狭くすることが出来、より高密度に駆動部 3 1 を配設することが可能である。隣接する駆動部 3 1 どうしの間隔は、例えば 50 μ

m以下とすることが出来る。尚、隣接する駆動部 31 どうしの間隔（ピッチ）は、均一であっても、不均一（バラバラ）であってもよい。従って、今後開発される光交換器用の光スイッチ等に用いられるアクチュエータとしての適用が期待される。

【0099】 図 3（c）（左側）に示されるように、ガイド基板 92 において突条部 8 は、圧電素子基板 3 の歯 26 部分の長さに対応して設けられている。従って、図 3（c）（右側）に示されるように、圧電素子基板 3 をガイド基板 92 に挿嵌した状態では、駆動部 31 の側面全体が突条部 8 と連続して近接又は接触しており、駆動部 31 の側面間方向の僅かな変形も防止し得る。このような突条部は好ましい態様であるが、圧電素子 35 の駆動部 31 の機械的強度によっては、分断された突条部でもよく、小さな突部を間隔をあけて設けてもよい。

【0100】 次に、二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）について、図面を参酌しながら、その特徴を挙げて具体的に説明する。

【0101】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）は、圧電素子基板と、中空箱状で、互いに対向する内表面に、圧電素子基板の複数が所定間隔を隔てた所定の位置に整列した状態で収納される、圧電素子基板の厚さに対応した間隔で、圧電素子基板の個数に対応して複数対配設された収納用ガイド溝を有する第一のガイド枠体を更に備えてなり、複数の圧電素子基板のそれぞれが、第一のガイド枠体の対応する前記ガイド溝のそれぞれに挿入、収納されて、複数の駆動部が立体的に整列配置されてなるものであり、このような構造をとることによる以下の特徴を有する。

【0102】 9) 二次元整列配置圧電素子

【0103】 図 4（a）～図 4（d）は、本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）の一実施形態を示す図であり、図 4（a）は斜視図、図 4（b）は二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）の構成要素である第一のガイド枠体の斜視図、図 4（c）は二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）の構成要素である圧電素子基板の正面図、図 4（d）は二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）の構成要素である圧電素子基板の背面図である。二次元圧電アクチュエータアレイ（第一

のガイド枠体型) 110は、複数の駆動部31が配列された複数の圧電素子基板3と、これを収納して保持する、所定のガイド溝111が形成された第一のガイド枠体112と、を備えるところに特徴を有し、電極18, 19間に電圧をかけることで、圧電横効果により、圧電素子35の駆動部31を構成する圧電体が、櫛歯26の延伸方向(櫛歯26先端と櫛骨27とを結ぶ方向)に伸縮変位を起こし駆動する圧電アクチュエータである(即ち、変位方向は櫛歯の延伸方向に等しい)。

【0104】 既に述べたように、高い発生力と大きな変位を両立すべく、圧電素子の駆動部を細長くし高アスペクト比に構成すると、その機械的強度は低下してハンドリング性が悪くなり、変形が生じることがあり得る。変形が生じた場合には、アクチュエータとして満足な役目を果たせなくなるおそれが生じる。又、例えば圧電アクチュエータを各種マイクロデバイス等に適用するには、その製造にあたり、圧電素子の駆動部の先端(作用点)を変位伝達を行う部材等にアライメント又は接続することが必要であるが、このような作業は非常に精密で難易度が高いことは明らかである。圧電素子の駆動部が多数整列した圧電アクチュエータアレイにおいては、アライメント作業時に他の部材等と干渉したり引っ掛かる等のトラブルが発生し易く、圧電素子に機械強度の限界を超えた衝撃が加わって破損し易い等の問題がある。

【0105】 図4(a)に示す本実施形態の二次元圧電アクチュエータアレイ(第一のガイド枠体型) 110は、複数の駆動部31を有する圧電素子基板3に加えて、その圧電素子基板3を収納して保持する、ガイド溝111が形成された第一のガイド枠体112と、を備える構造を有している。即ち、第一のガイド枠体112によって圧電素子35の駆動部31が正確に位置決めされているため、変位伝達部材に圧電素子自体をアライメントしなくても接続することが可能となる等、ハンドリング性が極めて向上する。従って、アライメント作業時に、圧電素子35の駆動部31が他の部材等と干渉したり引っ掛かる等のトラブルが発生し難く、変形・破損し難い。

【0106】 図4(c)、図4(d)に示されるように、複数の圧電素子35の駆動部31は、それらを構成する圧電体で、圧電素子基板3の櫛骨27の部分

において一体化している。従って、圧電素子 35 の駆動部 31 は図示されるように高アスペクト比であるが、駆動時の作用点（櫛歯 26 の先端部分に相当）がズレたりバラツキを生じる可能性が極めて小さい。

【0107】 又、複数の圧電素子基板 3 は、第一のガイド枠体 112 に収納されること、特に、圧電素子基板 3 の支持部 141 がガイド溝 111 に挿入・支持されることにより立体的に位置決めされ、且つ、各圧電素子基板 3 は櫛骨 27 で一体化した駆動部 31 が平面状に配列されていて、その平面内の駆動部の配列に関わる部位に接着剤等が介在しない構造である。従って、初期的な圧電素子（駆動部）寸法、圧電素子（駆動部）ピッチ等の精度が高いことは勿論のこと、介在物の劣化という現象が生じ得ないので、長期間にわたって高い寸法精度、圧電特性が維持出来る。

【0108】 二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド枠体型）110 は、複数の圧電素子基板 3 を第一のガイド枠体 112 に収納・保持したものであるので、後述する製造方法から明らかなように立体的に成形・裁断する等の加工工程を経ることなく作製出来る。従って、製造工程が簡素になり、コスト低減が図れる。

【0109】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）の駆動部の立体的な配列については、図示される二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）110 のような直交した配列に限らず、千鳥格子状、扇状等、目的、用途によって自由に決定される。第一のガイド枠体内に収納・保持される圧電素子基板毎に、櫛形形状を変えることのみによって、容易に圧電素子を構成する駆動部の数、及び配置を任意に変えることが出来る。

【0110】 第一のガイド枠体 112 は、その対向する内表面に、圧電素子基板を収納するガイド溝 111 が複数対形成されてなるものであり（図 4（b））、このガイド溝 111 のそれぞれに圧電素子基板 3 を挿入、収納することにより、圧電素子基板 3 を所定間隔を隔てた状態で位置決めして保持することが出来る。

【0111】 図 5 は、本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）の他の実施形態を示す斜視図である。図 5 に示すように、本実施

形態の二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）110は、隣接するガイド溝111どうしの間隔と概ね同じ間隔で、駆動部31の先端部に対応した形状のスリット121が形成された蓋体120を更に備え、複数の駆動部31の先端部がスリット121に挿入されて位置決めされてなるものであることが好ましい。スリット121付きの蓋体120を用いて駆動部31の先端部の位置決めをすることにより、より高い寸法精度とすることが出来、又、製造工程上も簡便である。

【0112】 図6（a）は、本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）の更に他の実施形態を示す正面側から見た斜視図であり、図6（b）は、配線部品を接続する前の背面側から見た斜視図、図6（c）は、配線部品の斜視図である。図6（a）～図6（c）に示すように、本実施形態の二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）110は、複数の駆動部31と概ね同じ立体的に整列配置された構造を有する配線部品130が、圧電素子の電極18（19）にそれぞれ接続されてなるものであることが好ましい。この配線部品130は、板状又はブロック状の基体131の一表面に、第一のガイド枠体112内に収納された圧電素子基板の電極18（19）に個別に接続される複数の電極ピン132がマトリックス状に配置されてなるものであり、第一のガイド枠体112の開口部のうち、収納された圧電素子基板の櫛骨に対応する開口部側に接続される。接続は、半田付けや導電性接着剤による接着、ワイヤーボンディング、又はメカニカルコンタクト法等により行えばよい。尚、配線部品130は第一のガイド枠体112にそのまま接続・固定されてもよく、電極ピン132を圧電素子基板の電極に接続した後、基体131のみを取り外せるよう構成してもよい。尚、電極ピン132の接続は、圧電素子基板を第一のガイド枠体112に収納した状態で行うことが望ましいが、それ以外にも、予め圧電素子基板の各駆動部の電極に電極ピン132を接着しておき、その後に第一のガイド枠体112に収納することも望ましい。

【0113】 更に、本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）は、以下の好ましい特徴を有している。

【0114】 10）高集積圧電素子

【0115】 図4(a)に示す二次元圧電アクチュエータアレイ(第一のガイド枠体型)110を構成する圧電素子35は、電極を圧電体の外表面に膜状に形成してなる構造であり、後述する製造方法により、この圧電体は極薄く形成され得る。

【0116】 又、二次元圧電アクチュエータアレイ(第一のガイド枠体型)110の、第一のガイド枠体112に収納されている圧電素子基板3において、複数の駆動部31は、圧電体部分が圧電素子基板3の櫛骨で一体化していて、圧電素子35(駆動部31)を個々に取り扱うことなく、個々に並べる必要もなく形成され得ることから、同一の圧電素子基板3に配設され、隣接する駆動部31どうしの間隔は極狭くなっている。更に、隣接するガイド溝111どうしの間隔(ピッチ)を任意に設定することにより、圧電素子35の駆動部31の側面間方向の変形をも所定の範囲内に抑えることが出来、同一の圧電素子基板3で互いに隣接する駆動部31どうしの間隔を広げることも、更に小さくつめることも可能である。

【0117】 即ち、圧電素子35の駆動部31自体が、極薄く小さく、且つ、隣接する駆動部31どうしの間隔が極狭く形成される。従って、圧電素子35の駆動部31は従来になく高い集積度で配置され得る。又、「4)高アスペクト比な圧電素子の駆動部」の項で記した一次元圧電アクチュエータアレイ1と同様に、高アスペクト比な圧電素子の駆動部を高密度に配置することが出来る(図1(a)～図1(d)参照)。具体的には、駆動部31の配置密度は、駆動部31の高さLと、隣接する駆動部31との間隔との比が、概ね10:1～1000:1になるような配置密度である。この高い集積度を有する、図4(a)に示す本実施形態の二次元圧電アクチュエータアレイ(第一のガイド枠体型)110は、光交換器用の光スイッチ等に用いられるアクチュエータとして好適である。

【0118】 11)相互独立圧電素子

【0119】 二次元圧電アクチュエータアレイ(第一のガイド枠体型)110は、圧電素子基板3の複数の駆動部31が、各々、圧電体4と一对の電極18、19とを備え、圧電素子35を構成する複数の駆動部31は平面状に配列されている(図4(a)～図4(c))。図示されるように、圧電素子基板3全体とし

ては櫛形形状であるが、これは圧電体 4 の形状である。圧電素子基板 3 の一方の面には、共通の電極 19 がその概ね全面に形成され、他方の面には、櫛形の個々の櫛歯 26 の形状に対応する形状の電極 18 が形成される。従って、電極 18 により電圧をかける駆動部 31 を選ぶことが出来、個々の駆動部 31 は、隣接する駆動部 31 の駆動に関係なく、各々独立して駆動し得る。即ち、一の駆動部を伸ばし他の駆動部を縮ませるといった動作が可能であり、又、個々の駆動部に印加する電圧の大きさを变えることにより伸縮量を調節することも出来る。

【0120】 12) 高アスペクト比な圧電素子の駆動部

【0121】 一般に、圧電アクチュエータを構成する個々の圧電素子は、

【0122】

【数 4】

$$X_B = \frac{L}{T} \times d_{31} \times V$$

【0123】 で表される数式に従う変位を発生し、一方、

【0124】

【数 5】

$$F_B = W \times \frac{d_{31}}{S_{11}^E} \times V$$

【0125】 で表される数式に従う応力 F_B を発生する。つまり、変位と発生力とは、別個に設計が可能なのである。ここで、 T は圧電体の厚さ、 L はその高さ、 W は幅であり、

【0126】

【数 6】

$$S_{11}^E$$

【0127】 は弾性コンプライアンスである。従って、これらの数式からわかるように、形状として、圧電体の厚さ T を薄く、そして高さ L を高くすることが、変位と発生力を両立する上で有利であるが、従来、そのようなアスペクト比 (L/T) の大きい板状体の取扱いは非常に困難で、且つ、精度よく並べることは

不可能であった。

【0128】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）110は、後述する製造方法により、一の圧電素子基板3を構成する複数の圧電素子35の駆動部31は、個々に取り扱われることなく、又、個々に並べられる必要もなく、容易に、平板の圧電体シートをスリット加工して櫛形に一体的に形成される（図4（c））。又、圧電素子基板3は第一のガイド枠体112内に収納・保持され、同時に個々の駆動部31も保持されて位置決めされる（図4（a））。従って、圧電素子35の駆動部31をアスペクト比が10～1000という高アスペクト比にすることが可能であり、低駆動電圧で、大きな変位及び発生力が得られるように構成出来る。

【0129】 13）軸線の真直度に優れた圧電体

【0130】 図4に示すように、二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）110は、第一のガイド枠体を用いてなること、及び後述する製造方法により製造されるものであることによって、圧電素子35の圧電体4に係る軸線の真直度を極めて小さく維持出来る。即ち、細長の直方体を呈する圧電体4は、幾何学的に正しく、変形のない直方体に極近い形状が維持出来る。従って、変位や発生力を、意図する方向に意図する量で作用させることが容易であり、圧電素子35の特性を効率よく利用出来るという利点を有する。又、軸線の真直度が優れているために、駆動時において、作用点のズレが生じ難く、且つ、ある対象を押す、叩く等の作用から受ける反作用に対して、高い耐性を示し、高アスペクト比な細長い形状であっても、折れ、割れ等の破損が生じ難い。

【0131】 14）伸縮変位

【0132】 二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）は、従来の屈曲変位素子のように圧電体の伸縮する電界誘起歪みを屈曲モードの変位に変換して利用するものではなく、圧電体の伸縮をそのまま変位として利用する（即ち、圧電体の高さLは変位を生じていないときの変位方向の長さに相当する）圧電アクチュエータなので、大変位を得るための設計値を、発生力及び応答性を低下させることなく決定することが容易である。

【0133】 次に、一次元圧電アクチュエータアレイの他の実施形態について

、図面を参酌しながら具体的に説明する。

【0134】 図7は、本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイの他の実施形態を示す正面図である。本実施形態の一次元圧電アクチュエータアレイ1は、板状（柱状）の圧電体4と、この圧電体4に配設された電極18を含み、圧電体4の圧電効果に基づき駆動される複数の圧電素子34と、複数の圧電素子34の各々の少なくとも一部が所定の位置に収納される収納用凹部9を有するガイド基板2を更に備えてなり、ガイド基板2と複数の圧電素子34とが、階層的に積層可能な状態で一体化されてなるものである。このような構造をとることにより、本実施形態の一次元圧電アクチュエータアレイ1は、前述の一次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）と同様の、1）～6）において示した特徴に準ずる特徴を備えており、以下に示す効果を奏するものである。

【0135】 即ち、本実施形態の一次元圧電アクチュエータアレイ1は、ガイド基板2を備えたハイブリッド構造であるため、ガイド基板2が圧電素子34を保護し、所定の範囲内に変形を抑える役目を果たす。又、圧電素子34に想定外の外力が加わった場合にも、ガイド基板2が圧電素子34の変形を所定の範囲内に止めることにより、破損し難くする。更には、ガイド基板2によって圧電素子34が正確に位置決めされているため、ハンドリング性が極めて向上する。又、圧電素子34は図示されるように高アスペクト比であるが、駆動時の作用点がズレたりバラツキを生じる可能性が極めて小さい。

【0136】 更に、圧電素子34が各々独立しているため、隣接する圧電素子34の駆動に関係なく、各々独立して駆動し得る。即ち、一の圧電素子34を伸ばし他の圧電素子34を縮ませるといった動作が可能であり、又、個々の圧電素子34に印加する電圧の大きさを変えることにより伸縮量を調節することも出来る。又、圧電素子34と離して、ガイド基板2に電極端子21を形成しておくことにより、後の電源接続作業が容易となり、製造工程に起因する歩留まり低下を防止し得る。

【0137】 次に、二次元圧電アクチュエータアレイ（第二のガイド枠体型）について、図面を参酌しながら、その特徴を挙げて具体的に説明する。

【0138】 図8（a）、図8（b）は、本発明に係る二次元圧電アクチュエ

ータアレイ（第二のガイド枠体型）の一実施形態を示す図面であり、図 8（a）は第二のガイド枠体の上面図、図 8（b）は第二のガイド枠体と圧電素子との一体化の一例を示す斜視図である。本実施形態の二次元圧電アクチュエータアレイ（第二のガイド枠体型）40は、柱状の圧電体と、この圧電体に配設された電極を含み、圧電体の圧電効果に基づき駆動される複数の圧電素子34と、格子状に配列された複数の開口部41、及び複数の開口部41に連通する、複数の圧電素子34を位置決めして収納する収納空間42を有する第二のガイド枠体43を更に備えてなり、複数の圧電素子34のそれぞれが、第二のガイド枠体43の対応する収納空間42の複数の開口部41から挿入、収納されて、複数の圧電素子34が立体的に整列配置されてなるものである。このような構造をとることにより、本実施形態の二次元圧電アクチュエータアレイ（第二のガイド枠体型）40は、前述の二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）と同様の、9）～14）において示した特徴に準ずる特徴を備えており、以下に示す効果を奏するものである。

【0139】 即ち、本実施形態の二次元圧電アクチュエータアレイ（第二のガイド枠体型）40は、第二のガイド枠体43を備えたハイブリッド構造であるため、第二のガイド枠体43が圧電素子34を保護し、所定の範囲内に変形を抑える役目を果たす。又、圧電素子34に想定外の外力が加わった場合にも、第二のガイド枠体43が圧電素子34の変形を所定の範囲内に止めることにより、破損し難くする。更には、第二のガイド枠体43によって圧電素子34が正確に位置決めされているため、ハンドリング性が極めて向上する。又、圧電素子34は図示されるように高アスペクト比であるが、駆動時の作用点がズレたりバラツキを生じる可能性が極めて小さい。

【0140】 更に、圧電素子34が各々独立しているため、隣接する圧電素子34の駆動に関係なく、各々独立して駆動し得る。即ち、一の圧電素子34を伸ばし他の圧電素子34を縮ませるといった動作が可能であり、又、個々の圧電素子34に印加する電圧の大きさを変えることにより伸縮量を調節することも出来る。又、圧電素子34と離して、第二のガイド枠体43に電極端子（図示せず）を形成しておくことにより、後の電源接続作業が容易となり、製造工程に起因す

る歩留まり低下を防止し得る。

【0141】 次に、本発明に係る圧電アクチュエータアレイの適用例を掲げて、図面を参酌しながら説明する。

【0142】 図13(a)、図13(b)は、本発明の一次元圧電アクチュエータアレイをマイクロミラーアレイのアクチュエータとして適用した例を示す図であり、図13(a)はマイクロミラーアレイ動作の様子を模式的に表す斜視図であり、図13(b)は図13(a)の部分拡大図である。マイクロミラーアレイ65は、マイクロミラー66とアクチュエータ部61とを備えてなり、一次元圧電アクチュエータアレイをアクチュエータ部61として用いるマイクロミラーアレイである。

【0143】 マイクロミラーアレイ65において、マイクロミラー66は、アクチュエータ部61の複数の圧電素子32と対をなすように一列に配置され、列軸64を中心軸として所定の範囲だけ回転可能なように設けられるとともに、圧電素子32とは反対側の面が鏡面で構成されている。

【0144】 アクチュエータ部61は、圧電素子32が外部信号により伸縮して、マイクロミラー66を押引し所定の範囲だけ回転させ、マイクロミラー66の傾斜角を調節することが出来る。この動作を通じて、マイクロミラーアレイ65は、圧電素子32とは反対側（図中左側）からの入射する光に対する反射角度を変えることが出来る。例えば、図13(b)に示す如く、マイクロミラー66を垂直に立てておけば入射光67が入った方向へ反射光68が戻り、マイクロミラー66を寝かせれば入射光67が入った方向とは別の方向へ反射光68が向かい、光路を変更させることが出来る。

【0145】 このようなマイクロミラーアレイでは、光の反射角度を変えるためにマイクロミラーを確実に位置決めすることが望ましく、圧電素子32に大きな伸縮力（発生力）が求められるが、本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイは、その要求に十分に応え得る。従来のシリコンマイクロマシニングによる静電アクチュエータでは、駆動力が小さく、駆動するマイクロミラーの大きさや重量が制限されるため、マイクロミラーを薄くする必要が生じ、その結果、マイクロミラーが反って反射ビームの品質が低下する等の問題を招来することがある

のに対して、本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイは、発生出来る駆動力がはるかに大きいため、重量が大きな（剛性が高い）マイクロミラーを駆動することが出来、反射光の品質を劣化させることがない。

【0146】 尚、マイクロミラーアレイの動作態様としては、図13（a）、図13（b）に示したようにマイクロミラー66を回転させて角度を変える方式の他、マイクロミラーと圧電素子とを固定して、それぞれのマイクロミラーを圧電素子の変位方向に並進運動させることも可能である。

【0147】 図14は、本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイを、付帯部品なくありのまま、光シャッターとして適用した例を示す図である。光シャッター74は、圧電素子33をシャッターとして用い、圧電素子33をON/OFF（伸ばすか縮ませるか）させて、一方向から入射する光を遮断したり通過させたりすることが出来る。図示されるように、圧電素子33が伸びたところでは入射光77は遮断され、圧電素子33が縮んだところでは入射光77は反射光78として通過する。

【0148】 このような光シャッターでは、光の遮断乃至通過を確実に行うために、圧電素子33の伸縮量（変位量）が大きいことが必要であるが、本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイは、その要求に十分に答え得る。尚、常態を圧電素子33が伸びた（光を遮断する）状態にして、ON（電圧印加）で圧電素子33を縮ませる（光を通過させる）か、その反対に、常態を圧電素子33が縮んだ（光を通過する）状態にして、ON（電圧印加）で圧電素子33を伸ばす（光を遮断させる）か、は自由に構成することが出来、何れであってもよい。

【0149】 本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイは、先に図20（a）、図20（b）に示した光スイッチ200においても、図示されたアクチュエータ部211の代わりに、アクチュエータ部として採用することが出来る。

【0150】 図20（a）、図20（b）に示される光スイッチ200は、光伝達部201と光路変更部208とアクチュエータ部211とからなり、光伝達部201は、光路変更部208に対向する面の一部に設けられる光反射面101、及び、光反射面101を起点に3方向に向けて設けられる光伝達経路202、204、205を有し、又、光路変更部208は、光伝達部201の光反射面1

01に移動可能な状態で近接され、透光性の材質からなる光導入部材209、及び、光を全反射する光反射部材210を有し、更には、アクチュエータ部211は、外部信号により変位し、変位を光路変更部208に伝達する機構を有するものであり、アクチュエータ部211の作動により、光伝達部201の光反射面101に、光路変更部208を接触又は離隔させて、光伝達経路202に入力した光221を、光伝達部201の光反射面101で全反射させて出力側の特定の光伝達経路204に伝達させたり、光導入部材209に取り出し光反射部材210の光反射面102で全反射させて出力側の特定の光伝達経路205に伝達させたりすることが出来る。このような光スイッチ200において、屈曲変位を発するアクチュエータ部211に代えて、本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイをアクチュエータ部に採用することにより、コントラストの高い、低損失な光スイッチにすることが可能である。

【0151】 続いて、本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）をアクチュエータ部として適用した光スイッチの他の実施形態について説明する。

【0152】 図15に示される光スイッチ290は、2001年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会予稿集P182に公表されているものである。光スイッチ290は、光導波路部材177に光導波路コア部177a～177dが互いに交差するように形成され、且つ、その交差部分である光路変更部298a～298dに切込みが形成されてなる。

【0153】 光スイッチ290は、アクチュエータ部等の駆動機構の動作を用いて、その切込みを変形させることによって、光学的に不連続な部分を形成し、何れかの光導波路コア部177a～177dに入力された光の伝送経路を、光路変更部298a～298dにおいて変え得るマトリクススイッチである。尚、図15においては、光導波路コア部177aに入力された光223の伝送経路を、光路変更部298bにおいて、光導波路コア部177bに変える様子を表している。

【0154】 光スイッチ290では、クロストークを小さくするために、光路変更部298a～298dの切込みを、より大きく開かせることが重要である。

そのためには、アクチュエータ部（駆動機構）に大変位が要求される。

【0155】 又、光路変更部 298a～298d が、光学的不連続状態と連続状態とを、良好に再現し得ることが重要である。そのためには、比較的、高ヤング率な材料を光導波路部材 177 の材料として適用し、光路変更部 298a～298d の切込みの復元動作が有利に行われるようにすることが好ましい。従って、高ヤング率な材料を歪ませるためには、アクチュエータ部として、大きな発生力が要求される。

【0156】 更に、通常、光導波路コア部 177a～177d は、高精度且つ高集積なパターン形成が可能なフォトリソグラフィー法によって形成されるため、アクチュエータ部には、高い位置精度と高密度化が要求される。

【0157】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型、第一のガイド枠体型、及び第二のガイド枠体型）は、圧電体の電界誘起歪みを直接利用するものであることから発生力が大きく、圧電素子（の駆動部）を高アスペクト比にすることが容易であることから発生変位も大きく出来る。且つ、圧電素子の各駆動部は、貼り付けにより形成されたものではなく、ガイド基板又は第一・第二のガイド枠体が圧電素子（圧電素子基板）を保持及び位置決めしているので、圧電素子自体の寸法ズレ、傾きが小さく、駆動させたときの意図する作用点からのズレも小さい上、高密度な構成も容易に実現出来る。従って、本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型、第一のガイド枠体型、及び第二のガイド枠体型）は、光スイッチ 290 のアクチュエータ部として好適である。

【0158】 図 16 は、図 15 に示す光スイッチ 290 の CC 断面を表し、光導波路コア部 177a を有する光伝達部 281 と、圧電素子 292 を有するアクチュエータ部 291 と、を示す断面図である。アクチュエータ部 291 として、例えば図 2（a）に示される二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）80 が採用されており、光路変更部 298a～298d（切込み）に対応して配設されている。

【0159】 図 16 に示される状態において、光スイッチ 290 は、光路変更部 298a におけるアクチュエータ部 291 の圧電素子 292 は非作動状態であ

り、光導波路コア部 177a への作用はない。従って、光路変更部 298a の切込みは閉じ、光学的に光導波路コア部 177a は連続な状態を維持している。このとき、導入された光 223 は、光路変更部 298a を直進する。

【0160】 光路変更部 298b におけるアクチュエータ部 291 の圧電素子 292 は作動状態であり、変位及び応力を光導波路コア部 177a に作用させ、光路変更部 298b の切込みを開いている。即ち、光路変更部 298b において光導波路コア部 177a は光学的に不連続となり、導入された光 223 は、光路変更部 298b で全反射し、光導波路コア部 177b へ伝送される。

【0161】 アクチュエータ部（圧電素子）の作動状態若しくは非作動状態と、光導波路コア部への作用の有無とは、上記した場合とは逆であっても、勿論よい。即ち、アクチュエータ部の作動状態が作用なく（図 16 中で光路変更部 298a の状態）、一方、非作動状態が作用有り（図 16 中で光路変更部 298b の状態）の場合であってもよい。又、光路変更部に作用を与える圧電素子（駆動部）の厚さ M（図 16 中に示す）は、光路変更部の切込みの開閉動作に支障がない範囲において、より小さい方が、圧電素子の駆動部に要求される変位量も小さくなるため、好ましい。尚、光路変更部への作用の態様としては、駆動部の先端を、直接、光路変更部に接触させてもよいが、例えば、駆動部の先端に適当な部品を付加して、その部品を介して、光路変更部に作用させることも出来る。その場合、その部品の形態は圧電体の形状に制限されず、光路変更部の切込みの開閉動作が、最も効率よく行われるように設計すればよい。

【0162】 図 17 は、図 16 に示す例と概ね同じ態様の光スイッチであるが、ガイド基板 302 を光導波路支持部 294 として用いることにより、光路変更部 298a～298d の切込みを開閉させるために必要な変位量を小さくすることが出来る。即ち、光伝達部 281 に光導波路固定部 276 を介して固定した（光導波路部材 177 に接合した）光導波路支持部 294 を設けることにより、光路変更部 298a～298d の切込みを開かせるための曲率半径が小さくなるため、アクチュエータ部 291 の圧電素子 292 の変位が小さくても、切込みを開かせることが可能となる。更に、この利点により、切込みの開閉動作に余裕が生じるため、スイッチングにかかる信号の漏洩、損失の低減が図られ、より好まし

い。

【0163】 図18は、光導波路部材の両面（上下）にアクチュエータ部を設けた例である。アクチュエータ部291に適用可能な二次元圧電アクチュエータアレイの態様は、本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）であればよく限定されないが、例えば、好ましくは二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）80を用いることが出来る。このように光導波路部材177の上下にアクチュエータ部291を設けることにより、光路変更部298bの切込みの閉口精度を向上させることが出来るとともに、スイッチングにかかる応答速度を高めることが可能である。

【0164】 図16及び図17に示されるような光導波路部材177の片面にのみアクチュエータ部291を設けた場合には、光路変更部298a、298bの切込みの開口から閉口への状態変化は、光導波路部材177に用いられる材料の弾性的復元力に従うため、光導波路部材177として柔らかい材料を用いた場合は、この復元（上記状態変化）に比較的長い時間を要してしまう。このことは、次のスイッチ動作に移るまでの時間に影響するため、復元は速ければ速いだけ好ましい。又、復元とは光学的に連続な状態に戻ることを意味しているが、材料劣化等で、特に、長期間動作させた場合に復元精度が低下し、信号の漏洩、損失増大を招くおそれがある。

【0165】 しかしながら、図18に示すように、光導波路部材の両面にアクチュエータ部を設けた場合には、光路変更部の切込みに対し、上下両方向に配設されたアクチュエータ部291の圧電素子292の作用によって、強制的に光路変更部298bの切込みを挟み込めば、このような問題は解決出来る。即ち、光導波路部材177を両面から押圧することにより、閉口精度が保てるとともに、アクチュエータ部291（圧電素子292）の応答速度で、開口から閉口への状態変化を実施出来る。従って、光導波路部材の両面にアクチュエータ部を設ける構成は、低損失、低漏洩で、高速なスイッチの実現に有利である。

【0166】 図19に示す光スイッチは、図18に示す例と概ね同様な光スイッチであるが、アクチュエータ部291と光導波路部材177との接合において、ガイド基板302と光導波路部材177との間に、より剛性の高い光導波路固

定板 286 を介して接合したところにおいて異なる例である。本構造によれば、光導波路コア部 177a の平坦性が向上し、アクチュエータ部 291 の圧電素子 292 上面（作用面）と光導波路部材 177 との間隔を、高精度に保つことが出来、スイッチ動作の精度を高めることが出来る。

【0167】 本発明の圧電アクチュエータアレイは、上記光学系の具体例に加え、その変位、振動に基づく作用を用いて、液体と液体、液体と固体、液体と気体との混合、攪拌及び反応、等を、極微小なエリアで、且つ、微量で行う種々の装置に利用することも出来る。又、外部からの応力を感じ取る圧力センサとしても利用出来る。

【0168】 次に、本発明に係る圧電アクチュエータアレイの製造方法について説明する。先ず、一次元圧電アクチュエータアレイの製造方法について説明する。

【0169】 本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイの製造方法は、圧電材料をシート状に成形して圧電体シートを作製する第一の工程と、電体シートの少なくとも一方の面に電極を形成する第二の工程（電極形成工程）と、圧電体シートを、櫛歯をその一方の端部で連結した全体として平面的な櫛形状となるように成形して、櫛歯の部分複数の駆動部とする圧電素子基板を作製する第三の工程（櫛形加工工程）と、圧電素子基板の少なくとも一部を所定の位置に一体化して収納する収納用凹部を有するガイド基板を作製する第四の工程と、ガイド基板に圧電素子基板を収納して、圧電素子基板を構成する複数の駆動部が平面的に整列配置されてなる一次元圧電アクチュエータアレイを作製する第五の工程（収納工程）と、を含む。

【0170】 上記第一の工程～第五の工程に従い、そのままの順序で作製することは、本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイの製造方法の好ましい態様であるが、順序は限定されるわけではない。適宜順序を入れ替えたり、同時に行うことが可能である。例えば、第一の工程における圧電体シートは、圧電材料を主成分とするセラミックグリーンシートを焼成することにより作製することが出来るが、このような焼成に次いで、電極を形成し、更に櫛形加工する順序ではなく、先ずセラミックグリーンシートに電極を形成した後、焼成し、次いで櫛形

加工する順序でもよく、あるいは櫛形加工した後、焼成し、次いで電極形成する順序でもよく、この三工程（焼成、電極形成、及び櫛形加工）については全6通りの順序があり得る。又、櫛形加工の後に収納工程を実施するのではなく、収納工程の後に櫛形加工を実施することも可能である。このように、工程の入れ替えが行われる場合には、それに伴って各工程に係る被処理体は、当然に変わることがある。例えば、収納工程を最後に実施する場合には、その収納工程における、ガイド基板に収納される対象（被処理体）は櫛形状に成形された圧電素子基板であるが、櫛形加工を最後に実施する場合には、それ以前に収納工程を実施することとなるが、その際にガイド基板に収納される対象は櫛形加工されていない圧電体シートである。

【0171】 上記製造方法により、櫛形状に成形された圧電素子基板は、その櫛歯の部分が概ね柱体形状をなす複数の駆動部となり、その複数の駆動部はシート（平面）状に配設されている。尚、本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイの製造方法においては、圧電体シートを櫛形状に成形（加工）する際には、種々の機械加工法を採用することが出来る。例えば、ダイシングソー加工法、ワイヤーソー加工法、金型を用いた打抜加工法、レーザー加工法、イオンミリング加工法、エッチング法、ウォータージェット加工法、超音波加工法、スライシング加工法、又は内周刃加工法、等である。これらの加工法のうち、金型を用いた打抜加工法により圧電体シートの加工を行う場合には、セラミックグリーンシート状態で打抜き加工を行った後、焼成することが望ましい。又、圧電体シートを櫛形状に加工するに際しては、圧電体シート1枚毎行ってもよいが、複数枚の圧電体シートを積層し、一括して加工することがより望ましい。

【0172】 本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイの製造方法の概略工程の一例を、図9（a）～図9（e）に示す。以下、この一例により説明する。

【0173】 先ず、後述する圧電材料を主成分とするセラミックグリーンシート（以下、単にシートともいう）を用意する。セラミックグリーンシートは、従来知られたセラミックス製造方法により作製出来る。例えば、後述する圧電材料粉末を用意し、これにバインダ、溶剤、分散剤、可塑剤等を望む組成に調合して

スラリーを作製し、これを脱泡処理後、ドクターブレード法、リバースロールコーター法等のシート成形法によって、セラミックグリーンシートを形成することが出来る。

【0174】 図9（a）で、圧電素子基板3及びガイド基板2を作製する。圧電素子基板3は、上記第一～第三の工程に従い作製するが、図示されるように、圧電素子基板3の一方の面の電極18は、上記第三の工程により圧電体シート全面に形成された電極に対し溝加工等を施し、絶縁部17を形成して、櫛形の圧電素子基板の各櫛歯で独立した電極にすることが肝要である。尚、圧電素子基板3の他方の面の電極は、この他方の面の全面に形成されたままでよい。ガイド基板2は、上記第四の工程で示すように、圧電素子基板3の少なくとも一部を所定の位置に一体化して収納するための、圧電素子基板3の外形より僅かに大きな収納用凹部9を形成して作製する。尚、ガイド基板3には、圧電素子基板3の電極18、19と外部の電源との接続を行う電極端子20、21と、配線22とからなる配線回路を形成することが好ましい。

【0175】 圧電体シートに電極を形成する方法としては、スパッタリング、真空蒸着、CVD、メッキ、塗布、スプレー、スクリーン印刷等の方法を挙げる事が出来る。

【0176】 次に、図9（b）に示すように、ガイド基板2の接着部13に接着剤を塗布する。接着部13は、ガイド基板2に圧電素子基板3を挿嵌したときに圧電素子基板3の櫛骨27（図9（a）参照）の部分に当接する部位である。そして、図9（c）に示すように、ガイド基板2に圧電素子基板3を挿嵌し、接着固定して収納する。次いで、図9（d）に示すように、少なくとも駆動部31（櫛歯26の部分）を覆うように蓋板107を取り付け、本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイを得る。図示されるように、一次元圧電アクチュエータアレイでは、蓋板107はガイド基板2全面を覆わなくてもよい。尚、図9（e）は、得られた一次元圧電アクチュエータアレイの平面図である。又、圧電体シートは前述の如くセラミックグリーンシートを焼成する方法（グリーンシート法）により作製することが出来るが、このグリーンシート法以外にも、例えば、粉末プレス法、射出成形法、鋳込み成形法で得られた成形体を焼成することによ

ても作製することが出来る。

【0177】 次に、図7に示す実施形態の一次元圧電アクチュエータアレイの製造方法について説明する。図7に示す一次元圧電アクチュエータアレイ1についても、上述した製造方法に準ずる方法により製造することが出来る。即ち、圧電体シートをいわゆる短冊状に成形・加工することにより、複数の圧電素子34を作製し、これをガイド基板2に順次収納して、複数の圧電素子34が平面的に整列配置されてなる一次元圧電アクチュエータアレイを作製することが出来る。尚、圧電体、電極、ガイド基板、その他の部材等を構成する材料は、全て後述する材料と同一のものを使用することが出来る。

【0178】 次に、二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）の製造方法について説明する。

【0179】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）の製造方法は、圧電材料をシート状に成形して圧電体シートを作製する工程Aと、圧電体シートの少なくとも一方の面に電極を形成する工程B（電極形成工程）と、圧電体シートを、櫛歯をその一方の端部で連結した全体として平面的な櫛形状となるように成形して、櫛歯の部分複数の駆動部とする複数の圧電素子基板を作製する工程C（櫛形加工工程）と、圧電素子基板の少なくとも一部を所定の位置に一体化して収納する収納用凹部を有するガイド基板を作製する工程Dと、ガイド基板に圧電素子基板を収納して、一次元圧電アクチュエータアレイを作製する工程E（収納工程）と、複数の一次元圧電アクチュエータアレイを階層的に積層して、圧電素子基板を構成する複数の駆動部が立体的に整列配置されてなる二次元圧電アクチュエータアレイを作製する工程F（積層工程）と、を含む。

【0180】 換言すれば、上記二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板形）の製造方法は、先に説明した本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイの製造方法により、一次元圧電アクチュエータアレイを複数作製し、これら複数の一次元圧電アクチュエータアレイを相互に位置決めしつつ積層する製造方法である。

【0181】 上記工程A～工程Fに従い、そのままの順序で作製することは、本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）の製造方法の好

ましい態様であるが、順序は限定されるわけではない。適宜順序を入れ替えたり、同時に行うことが可能である。例えば、第一の工程における圧電体シートは、圧電材料を主成分とするセラミックグリーンシートを焼成することにより作製することが出来るが、このような焼成に次いで、電極を形成し、更に櫛形加工する三工程（焼成、電極形成、及び櫛形加工）に関しては、上記した一次元圧電アクチュエータアレイの製造方法に準じ、全6通りの順序があり得る。又、一の一次元圧電アクチュエータアレイ（基板ユニット）を作製するに際し、櫛形加工の後に収納工程を実施するのではなく、収納工程の後に櫛形加工を実施することも可能である。このように、工程の入れ替えが行われる場合には、一次元圧電アクチュエータアレイの製造方法と同様に、それに伴って各工程に係る被処理体は当然に変わることがある。

【0182】 上記製造方法により、櫛形状に成形された圧電素子基板は、その櫛歯の部分が概ね柱体形状をなす複数の駆動部となり、複数の圧電素子基板がガイド基板を挟んで積層されることから、その複数の駆動部は立体的に整列配置されている。

【0183】 尚、本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）の製造方法においては、ガイド基板に、複数の一次元圧電アクチュエータアレイを階層的に積層する際の位置決め機能を有する位置決め手段を形成し、ガイド基板に圧電素子基板を収納して、一次元圧電アクチュエータアレイを作製し、複数の一次元圧電アクチュエータアレイを、位置決め手段の機能を利用しつつ階層的に積層して、圧電素子基板を構成する複数の駆動部が立体的に整列配置されてなる二次元圧電アクチュエータアレイを作製することが、複数の一次元圧電アクチュエータアレイの位置決めを、簡便、且つより正確に行うことが出来るために好ましい。この位置決め手段は、精度よく複数の一次元圧電アクチュエータアレイ（基板ユニット）を積層出来る手段であれば限定されるものではないが、例えば、各基板ユニットのガイド基板に設けたスルーホールを1つのガイドピンに通す方法や、マーカー（目印）により位置決めを行う方法が挙げられる。

【0184】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）の製造方法の概略工程の一例を、図10（a）～図10（c）に示す。以下、こ

の一例により説明する。

【0185】 先ず、上記した一次元圧電アクチュエータアレイの製造方法により、所定数の一次元圧電アクチュエータアレイを得る。そして、得られたそれぞれの一次元圧電アクチュエータアレイに、図10(a)に図示されるようなガイド孔51を開けて所定数の基板ユニット50を得る。

【0186】 次に、図10(b)に示すように、ガイド孔51より僅かに細い径のガイドピン11を立設した基台12を用意し、基板ユニット50のガイド孔51をガイドピン11に挿入して、全ての基板ユニット50を、順次、基台12上で積層し、図10(c)に示す二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）100を得る。尚、積層前に、基板ユニット50に接着剤を塗布して、積層と同時に接着固定することが出来る。又、接着剤を用いる方法の他、積層した一次元圧電アクチュエータアレイをボルト・ナットで締め付ける等、脱着容易な方法を採用することが出来る。

【0187】 ガイドピン11の外径は概ね0.1～1.0mmであることが望ましい。ガイド孔51の内径は、ガイドピン11の外径の概ね100.1～110%であることが望ましい。100.1%よりも小さいとガイドピン11をガイド孔51に挿入することが實際上困難となる場合があり、110%よりも大きい場合には圧電素子の駆動部31の位置決め精度が低下し、別のアライメント手段を併用する必要がある場合があるからである。ガイド孔51の形状は円形であることが望ましいが、四角形、三角形、十字形、等の適当な幾何学形状とすることも出来る。

【0188】 次に、二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）の製造方法について説明する。

【0189】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）の製造方法は、圧電材料をシート状に成形して圧電体シートを作製する工程1と、圧電体シートの少なくとも一方の面に電極を形成する工程2（電極形成工程）と、圧電体シートを、櫛歯をその一方の端部で連結した全体として平面的な櫛歯形状となるように成形して、櫛歯の部分複数の駆動部とする圧電素子基板を作製する工程3（櫛歯加工工程）と、中空箱状で、互いに対向する内表面に

、圧電素子基板の複数の所定間隔を隔てた所定の位置に整列した状態で収納される、圧電素子基板の厚さに対応した間隔で、圧電素子基板の個数に対応して複数対配設された収納用ガイド溝を有する第一のガイド枠体を作製する工程4と、第一のガイド枠体の収納用ガイド溝のそれぞれに複数の圧電素子基板のそれぞれを収納して、圧電素子基板を構成する複数の駆動部が立体的に整列配置されてなる二次元圧電アクチュエータアレイを作製する工程5（収納工程）と、を含む。

【0190】 換言すれば、上記二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）の製造方法は、先に説明した本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイの製造方法のうちの、第三の工程（楕形加工工程）までにより圧電素子基板を作製するとともに、所定形状を有する第一のガイド枠体を作製し、各圧電素子基板を、位置決めしつつ第一のガイド枠体内に挿入・収納する製造方法である。

【0191】 上記工程1～工程6に従い、そのままの順序で作製することは、本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）の製造方法の好ましい態様であるが、順序は限定されるわけではない。適宜順序を入れ替えたり、同時に行うことが可能である。例えば、第一の工程における圧電体シートは、圧電材料を主成分とするセラミックグリーンシートを焼成することにより作製することが出来るが、このような焼成に次いで、電極を形成し、更に楕形加工する三工程（焼成、電極形成、及び楕形加工）に関しては、上記した一次元圧電アクチュエータアレイの製造方法に準じ、全6通りの順序があり得る。工程の入れ替えが行われる場合には、一次元圧電アクチュエータアレイの製造方法と同様に、それに伴って各工程に係る被処理体は当然に変わることがある。上記製造方法により、楕形形状に成形された圧電素子基板は、その楕歯の部分が概ね柱体形状をなす複数の駆動部となり、複数の圧電素子基板が第一のガイド枠体内に挿入・収納されることから、その複数の駆動部は立体的に整列配置されている。

【0192】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）の製造方法の概略工程の一例を、図11に示す。以下、この一例により説明する。

【0193】 先ず、上記した一次元圧電アクチュエータアレイの製造方法のう

ちの、第三の工程（櫛形加工工程）までにより、所定数の圧電素子基板 3 を得る。又、所定間隔を隔てた状態で圧電素子基板を位置決めして保持するためのガイド溝 111 を、第一のガイド枠体 112 の互いに対向する内表面に複数対形成する。形成するガイド溝 111 の数は、第一のガイド枠体 112 に収納する圧電素子基板 3 の枚数に対応して適宜設定すればよい。尚、第一のガイド枠体 112 の所定箇所にガイド溝 111 を形成することに代えて、予めガイド溝 111 が形成された状態の第一のガイド枠体 112 を一体成形等してもよい。

【0194】 次に、図 11 に示すように、第一のガイド枠体 112 のガイド溝 111 のそれぞれに、圧電素子基板 3 のそれぞれを挿入、収納することにより、複数の駆動部 31 が互いに独立して立体的に整列配置されてなる二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）110 を製造することが出来る。尚、スリット 121 が形成された蓋体 120 を駆動部 31 の先端部 140 の位置決めをするために使用してもよい。具体的には、駆動部 31 の先端部 140 をスリット 121 に挿入して、先端部 140 の位置決めをする。スリット 121 は、隣接するガイド溝 111 どうしの間隔と概ね同じ間隔で蓋体 120 に形成されており、駆動部 31 の先端部 140 に対応した形状である。

【0195】 又、図 11 に示すような、所定形状の基体 131 の一表面に複数の電極ピン 132 がマトリックス状に配置されてなる配線部品 130 を、圧電素子基板 3 の駆動部 31 に形成された電極にそれぞれ接続されるように、第一のガイド枠体 112 に収納された圧電素子基板 3 の櫛骨 27 に対応する側から取り付けてもよい。電極ピン 132 は、複数の駆動部 31 と概ね同じ立体的に整列配置されており、駆動部 31 に形成された電極に個別に接続される。

【0196】 次に、図 8（a）、図 8（b）に示す実施形態の二次元圧電アクチュエータアレイ（第二のガイド枠体型）の製造方法について説明する。図 8（a）、図 8（b）に示す二次元圧電アクチュエータアレイ（第二のガイド枠体型）40 についても、上述した製造方法に準ずる方法により製造することが出来る。即ち、圧電体シートをいわゆる柱状（又は板状）に成形・加工することにより、複数の圧電素子 34 を作製し、これを第二のガイド枠体 43 に、その開口部 41 から順次収納して、複数の圧電素子 34 が立体的に整列配置されてなる二次元

圧電アクチュエータアレイ（第二のガイド枠体型）40を作製することが出来る。尚、圧電体、電極、（第二の）ガイド枠体、その他の部材等を構成する材料は、全て後述する材料と同一のものを使用することが出来る。

【0197】 以上説明した本発明に係る圧電アクチュエータアレイの製造方法によれば、圧電素子の形状は、圧電体シートの加工形状で概ね決まり、櫛形の圧電体シートの櫛歯の長さを長くするだけで、高アスペクト比な形状の駆動部を有する圧電素子を、高い精度で形成することが可能であり、大変位の圧電素子を容易に得ることが出来る。又、圧電体シートの厚さは任意に選択出来るが、その厚さに応じ、圧電素子の機械強度、駆動電圧と変位の関係、あるいは応答速度等のアクチュエータ特性を必要に応じて調整することが出来る。又、加工断面は、ほぼ直線で構成され、櫛歯部分は高精度な板状又は柱状となり、その結果、圧電素子の圧電体の軸線の真直度を極めて小さく維持することが出来る。

【0198】 又、圧電縦効果を利用する場合には、例えば図12（a）～図12（c）に示すような圧電素子基板3を用いればよい。即ち、図12（a）～図12（c）に示す圧電素子基板3は、圧電体4と、それに配設される内部電極28、29とが、櫛歯の延伸方向に交互に積層されており、内部電極28、29が圧電素子基板3の両面に一層毎に交互に露出した構造を有するものである。圧電素子基板3の一方の面には各駆動部31に対する個別電極パターン38が形成され、他方の面には各駆動部31に対する共通電極パターン39が形成されている。このような、内部電極28、29が圧電素子基板3の両面に露出している構造は、内部電極28、29と、外部の電極（図示せず）とが電氣的に接続可能な状態であることを意味している。従って、本発明の圧電アクチュエータアレイに用いられる圧電素子基板としては、例えば図12（a）～図12（c）に示したような構造の他、すべての内部電極が圧電素子基板の両面に露出するとともに、櫛歯の延伸方向に所定間隔毎に（一層毎に）絶縁処理を施してなる構造でもよい。

【0199】 以上、本発明に係る圧電アクチュエータアレイ及び製造方法について、その実施形態について説明してきたが、上記態様に限定されるものではないことは既に述べた通りである。例えば、単板の圧電体（シート）の両面に電極を形成する実施態様の他、複数の圧電体（シート）を、それぞれの間に電極層を

形成して積層又は接着した実施態様をとることも可能である。圧電体シート複数枚のトータル厚さを、単板で構成した場合と同等の厚さになるようにすれば、一對の電極と単板の圧電体シートによるアクチュエータ素子に比べ、機械強度を低下させることなく、より低い駆動電圧で同じ変位量を得ることが出来る。言い換えれば、変位量を犠牲にすることなく機械強度及び発生力を増すことが出来る。更には、圧電縦効果を利用する圧電素子を配設した態様をとることが可能であり、この場合、圧電素子基板は、例えば変位方向に圧電体と電極とが交互に積層されたものとなる。

【0200】 続いて、以下に、本発明の圧電アクチュエータアレイに用いられる材料について説明する。

【0201】 先ず、駆動部である圧電体（シート）の材料、即ち、圧電材料について説明する。圧電材料としては、圧電効果又は電歪効果等の電界誘起歪みを起こす材料であれば、その種類は問われるものではない。結晶質でも非晶質でもよく、又、半導体セラミックスや強誘電体セラミックス、あるいは反強誘電体セラミックスを用いることも可能である。用途に応じて適宜選択し採用すればよい。又、分極処理が必要な材料であっても必要がない材料であってもよい。

【0202】 更には、セラミックスに限定されず、P V D F（ポリフッ化ビニリデン）等の高分子からなる圧電材料、又は、これら高分子とセラミックスの複合体であってもよい。但し、この場合は、高分子材料の耐熱性の点から、焼成して素子を形成するというものではなく、高分子材料の熱硬化程度の熱処理を施すことにより素子を形成する。

【0203】 圧電材料として材料強度面に優れるセラミックスを採用することにより、本発明に係る圧電アクチュエータアレイの特徴の1つである高アスペクト比な構成を、より有利に実施出来るとともに、発生変位及び発生応力を効果的に作用させることが出来る。材料特性に優れるセラミックスは、高アスペクト比な構成と相まって、低電圧駆動で高特性な圧電素子とする上で好ましい。

【0204】 具体的なセラミックス材料としては、圧電セラミックス又は電歪セラミックスである、ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、マンガンニオブ酸鉛、アンチモンズ酸鉛

、マンガンタンゲステン酸鉛、コバルトニオブ酸鉛、チタン酸バリウム、チタン酸ナトリウムビスマス、チタン酸ビスマスネोजウム (BNT系)、ニオブ酸カリウムナトリウム、若しくはタンタル酸ストロンチウムビスマス等を単独で、又は混合物若しくは固溶体として含有するセラミックスが挙げられる。

【0205】 これらのセラミックスは、圧電体を構成するセラミックス成分中に50質量%以上を占める主成分であることが好ましく、特に、高い電気機械結合係数と圧電定数を有し、焼成工程を経ても安定した材料組成のものが得られ易い点において、ジルコン酸チタン酸鉛 (PZT系) を主成分とする材料、マグネシウムニオブ酸鉛 (PMN系) を主成分とする材料、ニッケルニオブ酸鉛 (PNN系) を主成分とする材料、ジルコン酸鉛とチタン酸鉛とマグネシウムニオブ酸鉛との混合物若しくは固溶体を主成分とする材料、ジルコン酸鉛とチタン酸鉛とニッケルニオブ酸鉛との混合物若しくは固溶体を主成分とする材料、又はチタン酸ナトリウムビスマスを主成分とする材料が好適に用いられる。

【0206】 反強誘電体セラミックスとしては、ジルコン酸鉛を主成分とするセラミックス、ジルコン酸鉛とスズ酸鉛の混合物あるいは固溶体からなる成分を主成分とするセラミックス、ジルコン酸鉛を主成分とし酸化ランタンを添加したセラミックス、又はジルコン酸鉛とスズ酸鉛の混合物若しくは固溶体を主成分とし、ニオブ酸鉛を添加したセラミックス等が挙げられる。

【0207】 尚、セラミックス結晶粒の平均粒径は、駆動部を構成する圧電体の機械的強度を重視する設計においては、 $0.05 \sim 2 \mu\text{m}$ であることが好ましい。圧電体 (シート) の機械的強度が高められるからである。圧電体の伸縮特性を重視する設計においては、結晶粒の平均粒径は、 $1 \sim 7 \mu\text{m}$ であることが好ましい。高い圧電特性を得られるからである。

【0208】 次に、電極の材料としては、常温で固体であれば特に規制されるものではなく、例えば金属単体であっても、合金であってもよく、酸化ジルコニウム、酸化ハフニウム、酸化チタン、酸化セリウム等の絶縁性セラミックスと金属単体又はその合金との混合物であっても、何ら差し支えない。電極形成前に焼成する場合には、白金、パラジウム、ロジウム等の高融点貴金属類、若しくは銀-パラジウム、銀-白金、白金-パラジウム等の合金を主成分とする電極材料、

白金と基体材料若しくは圧電材料との混合物、又はそのサーメット材料が好適に用いられる。

【0209】 又、圧電体焼成後に電極形成する場合であれば、上記した電極材料の他、アルミニウム、チタン、クロム、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、ニオブ、モリブデン、ルテニウム、銀、スズ、タンタル、タングステン、金、鉛等の金属単体、又はこれらの合金も採用出来る。

【0210】 次に、ガイド基板、及び第一・第二のガイド枠体を構成する材料は限定されないが、絶縁体であることが好ましい。収納される圧電素子基板に電圧が印加されるからである。又、ガイド基板を構成する材料に関しては、ガイド基板の、圧電素子基板と対向する面の摩擦が小さい方が望ましいことから、この摩擦を小さく出来る材料であることが望ましい。収納された圧電素子基板の駆動部が、ガイド基板と接触しつつ駆動することもあり得るからである。ガイド基板、及び第一・第二のガイド枠体を構成する具体的な材料としては、セラミックス、ガラス、樹脂、シリコン等が挙げられる。又、使用材料に関わらず、ガイド基板に関しては摩擦を低減するためのコーティング、及び／又は表面処理等を施すことも好ましい。更には、圧電素子基板とガイド基板との間、又は櫛歯間の空間には、絶縁オイル又は樹脂等を充填し、更なる摩擦低減や電極間の絶縁性の向上等を図ることも望ましい。

【0211】

【実施例】 以下に、本発明を実施例に基づき説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

【0212】 (圧電素子基板の作製)

【0213】 ジルコン酸チタン酸鉛系セラミックスと有機バインダとからなるセラミックグリーンシートを、ドクターブレード法を用いて作製した。セラミックグリーンシートの厚さは約200 μ mとした。このセラミックグリーンシートを約1300℃で焼成して平板状の圧電体シートを作製した。次に、この圧電体シートの両面全面に膜状の電極を形成した。電極は金ペーストをスクリーン印刷した後、約600℃で焼成することによって形成した。次に、この圧電体シートをダイシングソー及びワイヤソー等を用いた機械加工によって櫛形状に加工し

た。櫛形状は、櫛歯のピッチ $500\ \mu\text{m}$ 、櫛幅 $400\ \mu\text{m}$ 、櫛長さ 15mm とした。次に、一方の面の各櫛歯間を溝入れ加工することにより、各櫛歯の電極を個別に独立させて、圧電素子基板を得た。これによって、一方の面には圧電素子の駆動部毎に個別電極が形成され、他方の面には全ての駆動部に共通電極が形成された圧電素子基板が作製された。

【0214】 尚、各櫛歯に個別電極を形成する方法としては、一様電極を形成した圧電体シートに溝入れ加工して形成する上記方法の他、予め各櫛歯部に相当する電極パターンを印刷等により形成しておいてもよい。

【0215】 (ガイド基板の作製)

【0216】 圧電素子基板の各駆動部に対して、個別電極及び共通電極との接続が可能で、且つ、圧電素子基板を保持及び位置決めするためのガイド基板を作製した。配線回路を形成したガイド基板に、スライシング等の機械加工により、圧電素子基板を挿嵌して収納出来るように溝加工（収納用凹部形成加工）を行った。ガイド基板を作製する方法としては、例えばセラミックス材料からなるグリーンシートを所定の形状に打抜加工したものを積層して作製する方法を挙げることが出来る。

【0217】 (圧電素子基板の接着、固定)

【0218】 圧電素子基板をガイド基板の収納用凹部にはめ込んだ状態で、圧電素子基板の櫛骨部分をガイド基板に固定する。これにより圧電素子の一端が固定され、他端がフリーである一次元圧電アクチュエータアレイとなる。ガイド基板の各電極端子と圧電素子基板の個別電極及び共通電極との接続は、例えば半田付けやワイヤーボンディング等によって行うことが出来る。圧電素子基板の個別電極と共通電極とを同一の面から取り出すには、例えば圧電素子基板の両端側面に導電性材料を塗布して圧電素子基板の個別電極側の面であって駆動しない部分と共通電極側を短絡し、個別電極側から共通電極を取り出せばよい。圧電素子基板をガイド基板に固定する方法としては、樹脂系、セラミックス系、ガラス系等の各種接着剤を用いる接着による固定方法の他、溶接、圧着、ネジ止め、ディフュージョンボンディング等の固定方法を挙げることが出来る。

【0219】 (アクチュエータの動作確認)

【0220】 先ず、圧電素子を構成する各駆動部の電極間にDC300V程度の電圧を印加して圧電体の分極処理を行った。その後、0-200V、1kHzの正弦波電圧印加の測定条件において、駆動部の変位量を測定した。その結果、各駆動部とも変位量10.5 μ m以上で動作することが確認された。

【0221】 (二次元圧電アクチュエータアレイ(ガイド基板型)の作製)

【0222】 16本の駆動部を有する一次元圧電アクチュエータアレイを16枚用意し、それぞれのガイド基板に設けたガイド孔にガイドピンを通して位置合わせし、重ね合わせて接着することにより、その駆動部の先端部がマトリックス状に整列配置した二次元圧電アクチュエータアレイ(ガイド基板型)を得た。全256本(16 \times 16)の駆動部について、上記と同様の動作確認を行ったところ、同様の結果が得られた。

【0223】 (二次元圧電アクチュエータアレイ(第一のガイド枠体型)の作製)

【0224】 上述した(圧電素子基板の作製)に記載した方法と同様の方法により、厚み約150 μ mの平板状の圧電体シートを作製した。次に、この圧電体シート的一方の面には、幅400 μ m、ピッチ500 μ mの短冊形状となるように、膜状の電極を形成した。又、他方の面には、その全面に膜状の電極を形成した。尚、電極は金ペーストをスクリーン印刷した後、約600 $^{\circ}$ Cで焼成することによって形成した。次に、ダイシングソーを用いた機械加工によって、短冊形状の電極間を途中まで分割することにより、櫛長さ20mm、櫛本数32本の櫛形状に加工して、圧電素子基板を作製した。尚、両端の櫛歯の更に両外側には、第一のガイド枠体のガイド溝に挿入・保持するための、幅約1mmの保持部を設けた。

【0225】 幅約160 μ m、深さ約1mm、ピッチ500 μ mの、32対のガイド溝が、その互いに対向する内表面に形成された第一のガイド枠体を用意した。又、この第一のガイド枠体的一方の開口部に、幅約155 μ m、ピッチ500 μ mの、32本のスリットが形成された蓋体を、ガイド溝の配列に対応するように配設した。

【0226】 作製した圧電素子基板の保持部を、第一のガイド枠体のガイド溝

に挿入するとともに、圧電素子基板の先端部をスリットに挿入した。32枚の圧電素子基板を全て第一のガイド枠体内に収納することにより、1024本の駆動部がマトリックス状に整列配置した二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド枠体型）を作製した。

【0227】 概ね板状の基体の一表面から、直径 $350\mu\text{m}$ 、長さ約 2mm の、ピッチ $500\mu\text{m}$ 、 $32\times 32=1024$ 本の電極ピンをマトリックス状に突出して配置してなる配線部品を、第一のガイド枠体の他方の開口部に取り付け、各電極ピンをそれぞれの圧電素子基板のそれぞれの電極に個別に接続した。尚、接続は、電極ピンの先端に導電性接着剤を塗布しておき、これを圧電素子基板の電極に接着することにより行った。全1024本（ 32×32 ）の駆動部について、上記と同様の動作確認を行ったところ、同様の結果が得られた。

【0228】

【発明の効果】 以上、詳述したように、本発明によれば、従来の課題が解決され、より低電圧で大変位が得られ、且つ、発生力が大きく、又、従来にない高アスペクト比な圧電素子（駆動部）を有するとともに圧電素子（駆動部）の高集積化が可能である圧電アクチュエータアレイ、及びその製造方法が提供される。

【0229】 そして、本発明に係る圧電アクチュエータアレイは、光スイッチ、光シャッター、ミラーアレイ等の光学系マイクロデバイスや、画像表示装置、高周波フィルタ、マイクロポンプ、液滴吐出装置等に好ましく適用することが可能である。又、圧電効果に基づくという観点から、本発明のアクチュエータアレイを加速度センサ、圧力センサ等の各種センサとして利用することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイの一実施形態を示す図であり、図1（a）は正面図、図1（b）は平面図、図1（c）は一次元圧電アクチュエータアレイを構成する圧電素子基板の背面図、図1（d）は一次元圧電アクチュエータアレイを構成する櫛形の圧電素子基板の櫛歯部分を拡大して示す斜視図である。

【図2】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）の一

実施形態を示す図であり、図 2 (a) は斜視図、図 2 (b) は二次元圧電アクチュエータアレイ (ガイド基板型) の構成要素であるガイド基板の正面図、図 2 (c) は二次元圧電アクチュエータアレイ (ガイド基板型) の構成要素である圧電素子基板の正面図である。

【図 3】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ (ガイド基板型) の他の実施形態を示す図であり、図 3 (a) は平面図、図 3 (b) は図 3 (a) における圧電素子部分の拡大図、図 3 (c) はガイド基板に圧電素子基板を挿嵌する様子を示す説明図である。

【図 4】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ (第一のガイド枠体型) の一実施形態を示す図であり、図 4 (a) は斜視図、図 4 (b) は二次元圧電アクチュエータアレイ (第一のガイド枠体型) の構成要素である第一のガイド枠体の斜視図、図 4 (c) は二次元圧電アクチュエータアレイ (第一のガイド枠体型) の構成要素である圧電素子基板の正面図、図 4 (d) は二次元圧電アクチュエータアレイ (第一のガイド枠体型) の構成要素である圧電素子基板の背面図である。

【図 5】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ (第一のガイド枠体型) の他の実施形態を示す斜視図である。

【図 6】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ (第一のガイド枠体型) の更に他の実施形態を示す図であり、図 6 (a) は正面側から見た斜視図、図 6 (b) は配線部品を接続する前の背面側から見た斜視図、図 6 (c) は配線部品の斜視図である。

【図 7】 本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイの他の実施形態を示す正面図である。

【図 8】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ (第二のガイド枠体型) の一実施形態を示す図面であり、図 8 (a) は第二のガイド枠体の上面図、図 8 (b) は第二のガイド枠体と圧電素子との一体化の一例を示す斜視図である。

【図 9】 図 9 (a) ~ 図 9 (e) は本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイの製造方法の一例を示す説明図である。

【図 10】 図 10 (a) ~ 図 10 (c) は本発明に係る二次元圧電アクチュエ

ータアレイ（ガイド基板型）の製造方法の一例を示す説明図である。

【図 1 1】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）の製造方法の一例を示す説明図である。

【図 1 2】 本発明に係る圧電アクチュエータアレイの構成要素である圧電素子基板の一例を示す図面であり、図 1 2（a）は斜視図、図 1 2（b）は正面図、図 1 2（c）は背面図である。

【図 1 3】 本発明の一次元圧電アクチュエータアレイをマイクロミラーアレイのアクチュエータとして適用した例を示す図であり、図 1 3（a）はマイクロミラーアレイの動作の様子を模式的に表す斜視図であり、図 1 3（b）は図 1 3（a）の部分拡大図である。

【図 1 4】 本発明に係る一次元圧電アクチュエータアレイを光シャッターとして適用した例を示す図であり、光シャッターの動作の様子を模式的に表す斜視図である。

【図 1 5】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイの適用例である光スイッチの一実施形態を示す斜視図である。

【図 1 6】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）の適用例である光スイッチの一実施形態を示す断面図であり、図 1 5 に示す光スイッチの C C 断面を表す図である。

【図 1 7】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）の適用例である光スイッチの他の実施形態を示す断面図である。

【図 1 8】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）の適用例である光スイッチの更に他の実施形態を示す断面図である。

【図 1 9】 本発明に係る二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）の適用例である光スイッチの更に他の実施形態を示す断面図である。

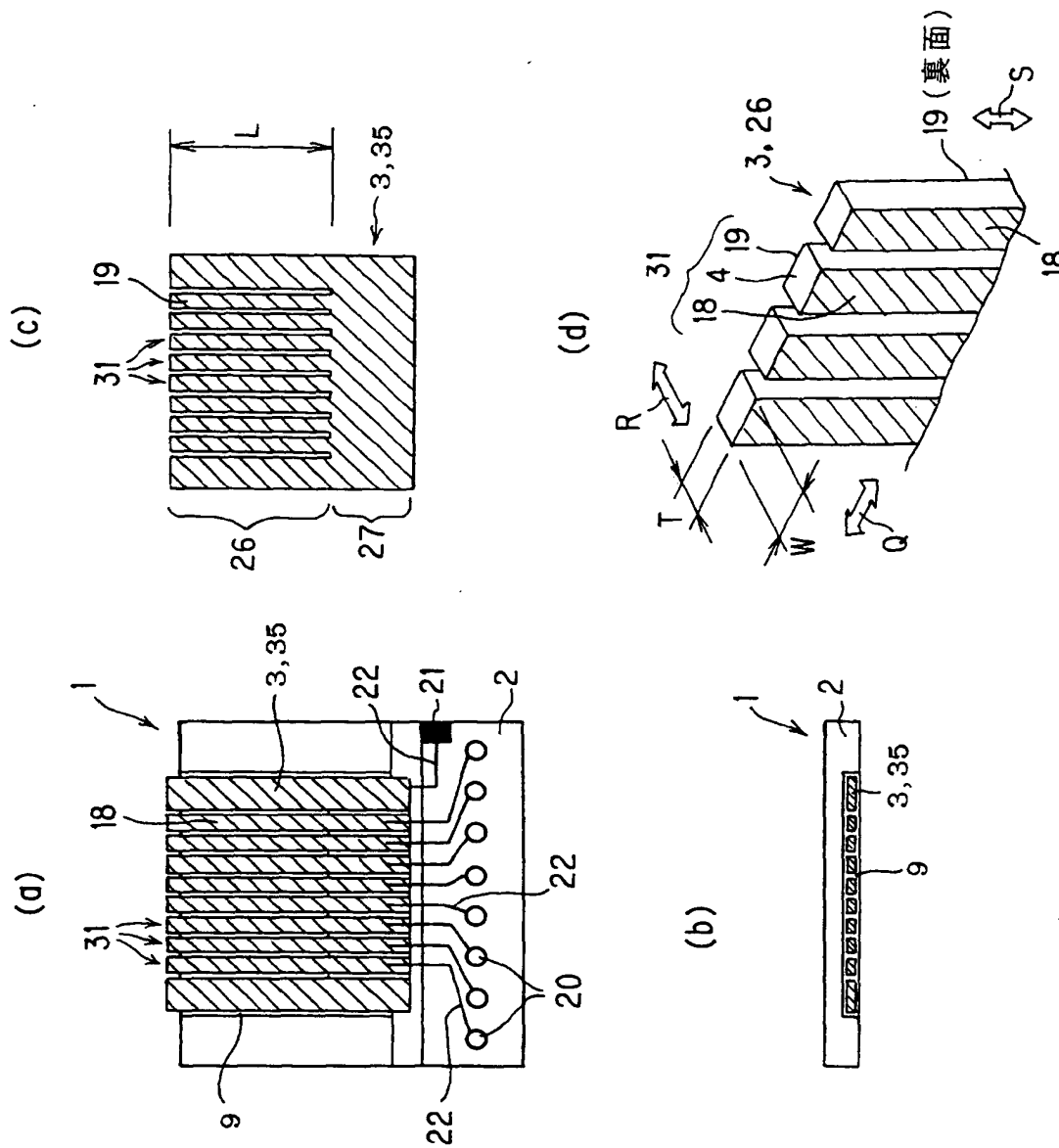
【図 2 0】 従来の圧電アクチュエータの適用例を示す垂直断面図であり、図 2 0（a）は適用例である光スイッチにおいてアクチュエータ部作動状態を表し、図 2 0（b）は適用例である光スイッチにおいてアクチュエータ部非作動状態を表す。

【符号の説明】

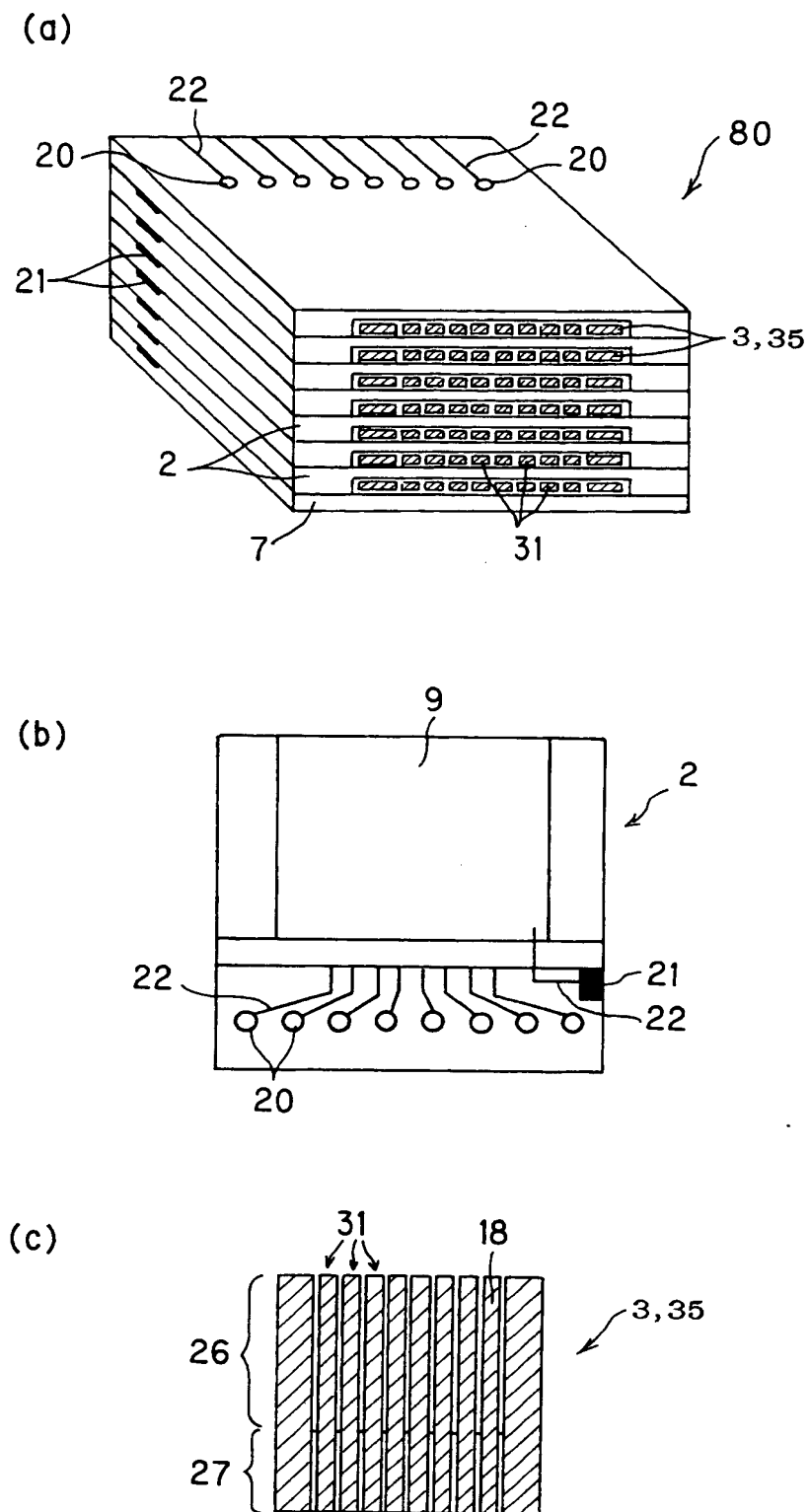
1…一次元圧電アクチュエータアレイ、2…ガイド基板、3…圧電素子基板、4…圧電体、7…蓋板、8…突条部、9…収納用凹部、11…ガイドピン、12…基台、13…接着部、17…絶縁部、18, 19…電極、20, 21…電極端子、22…配線、26…櫛歯、27…櫛骨、28, 29…内部電極、31…駆動部、32, 33, 34, 35…圧電素子、38…個別電極パターン、39…共通電極パターン、40…二次元圧電アクチュエータアレイ（第二のガイド枠体型）、41…開口部、42…収納空間、43…第二のガイド枠体、50…基板ユニット、51…ガイド孔、61…アクチュエータ部、64…列軸、65…マイクロミラーアレイ、66…マイクロミラー、67…入射光、68…反射光、74…光シャッター、77…入射光、78…反射光、80, 90, 100…二次元圧電アクチュエータアレイ（ガイド基板型）、92…ガイド基板、101…光反射面、102…反射面、107…蓋板、110…二次元圧電アクチュエータアレイ（第一のガイド枠体型）、111…ガイド溝、112…第一のガイド枠体、120…蓋体、121…スリット、130…配線部品、131…基体、132…電極ピン、140…先端部、141…支持部、177…光導波路部材、177a, 177b, 177c, 177d…光導波路コア部、200…光スイッチ、201…光伝達部、202, 204, 205…光伝達経路、208…光路変更部、209…光導入部材、210…光反射部材、211…アクチュエータ部、218…振動板、221, 223…光、276…光導波路固定部、281…光伝達部、286…光導波路固定板、290…光スイッチ、291…アクチュエータ部、292…圧電素子、294…光導波路支持部、298a, 298b, 298c, 298d…光路変更部、302…ガイド基板、S…変位方向、R…主面間方向、Q…側面間方向。

【書類名】 図面

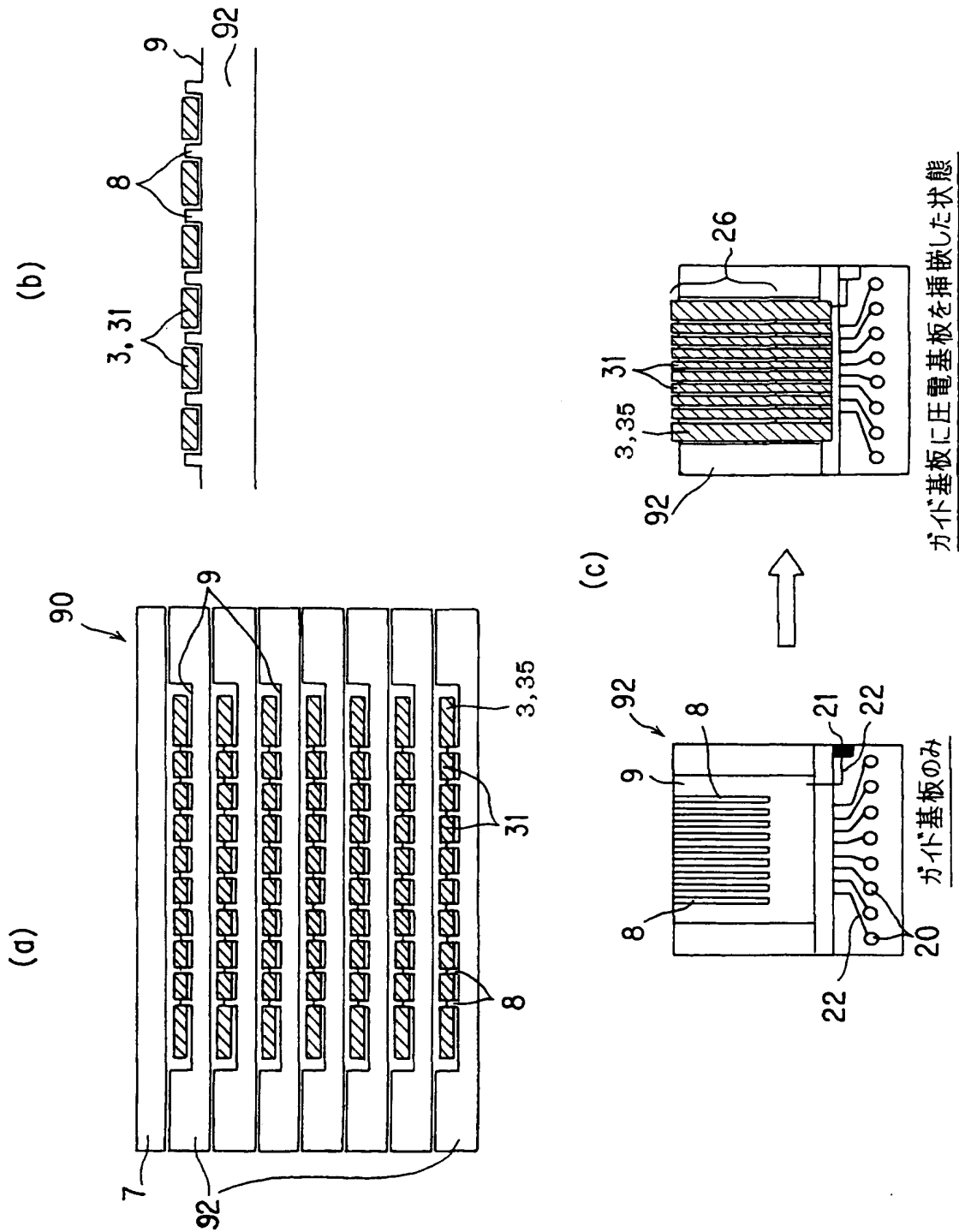
【図 1】



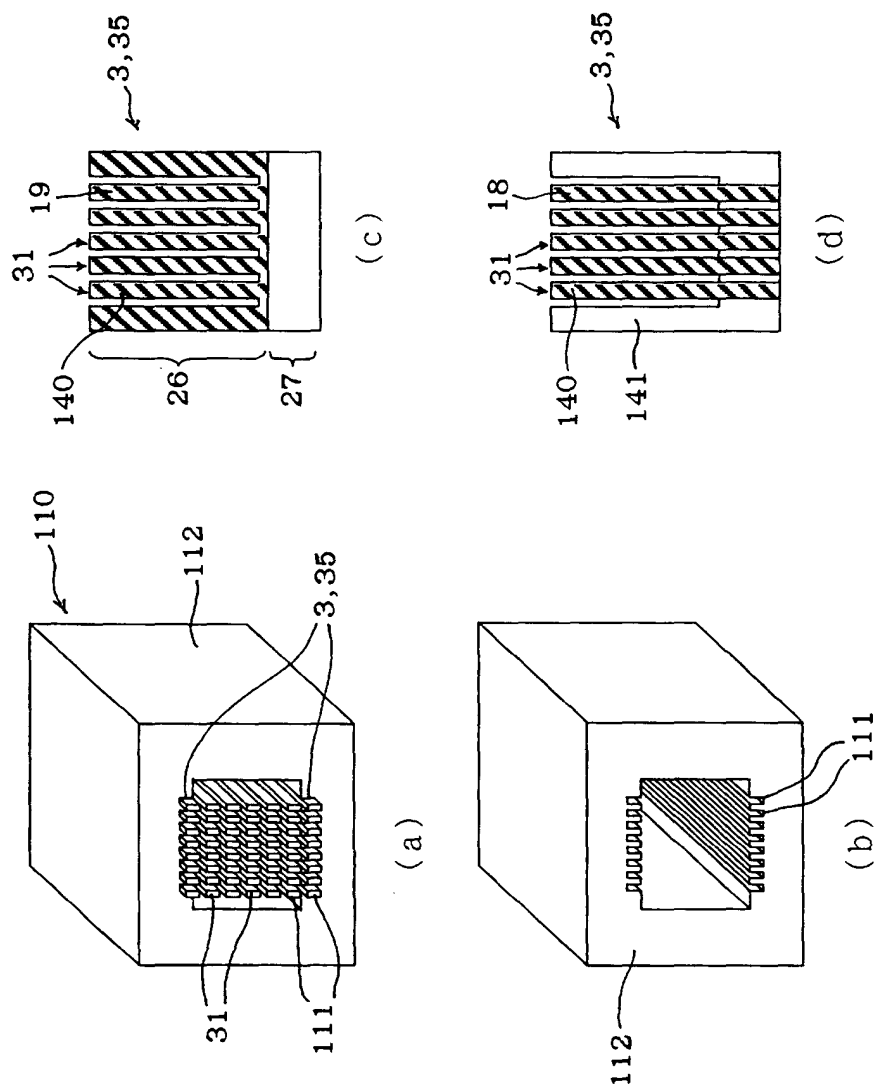
【図 2】



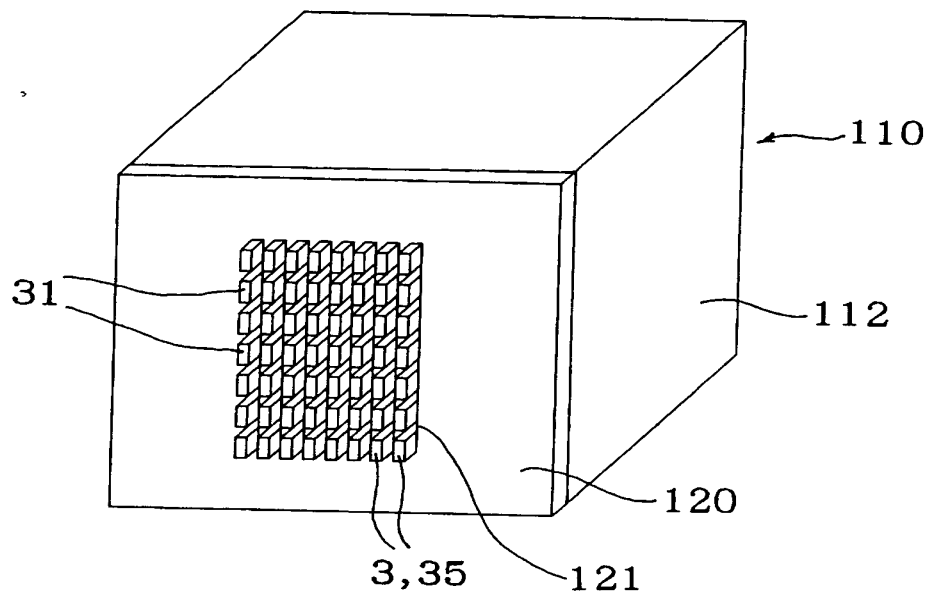
【図 3】



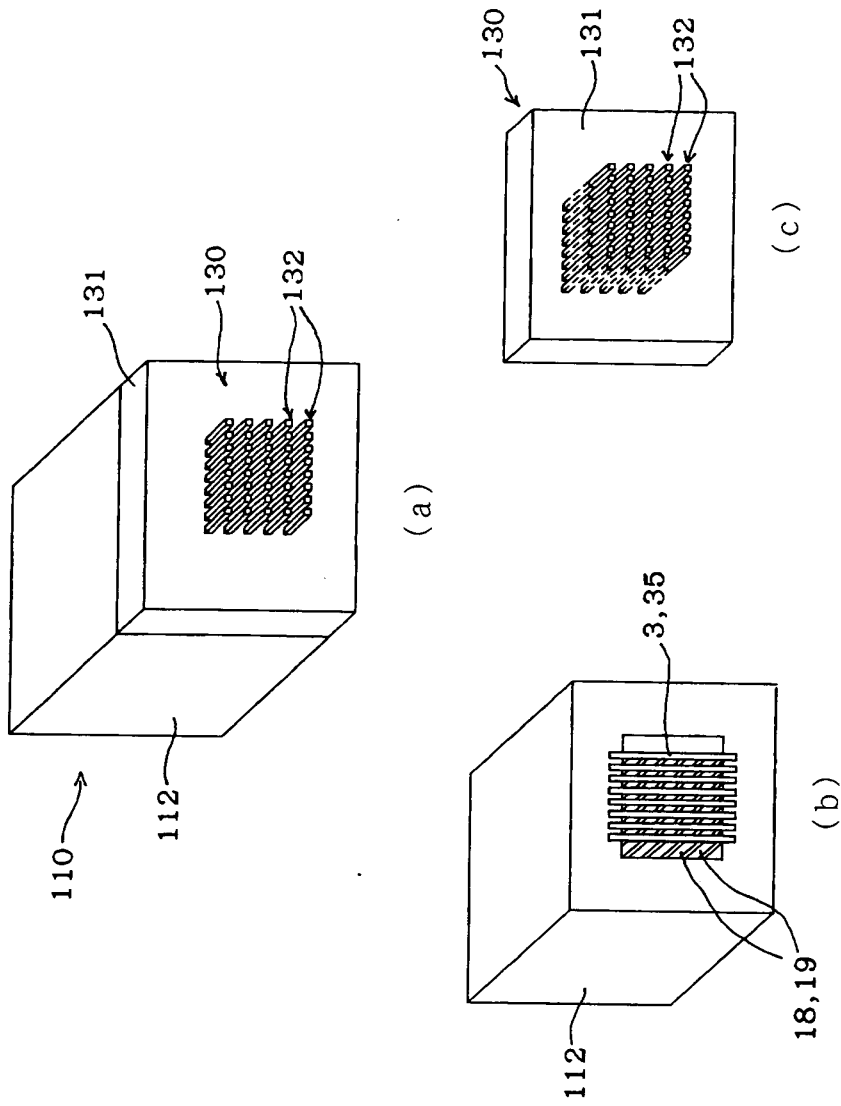
【図 4】



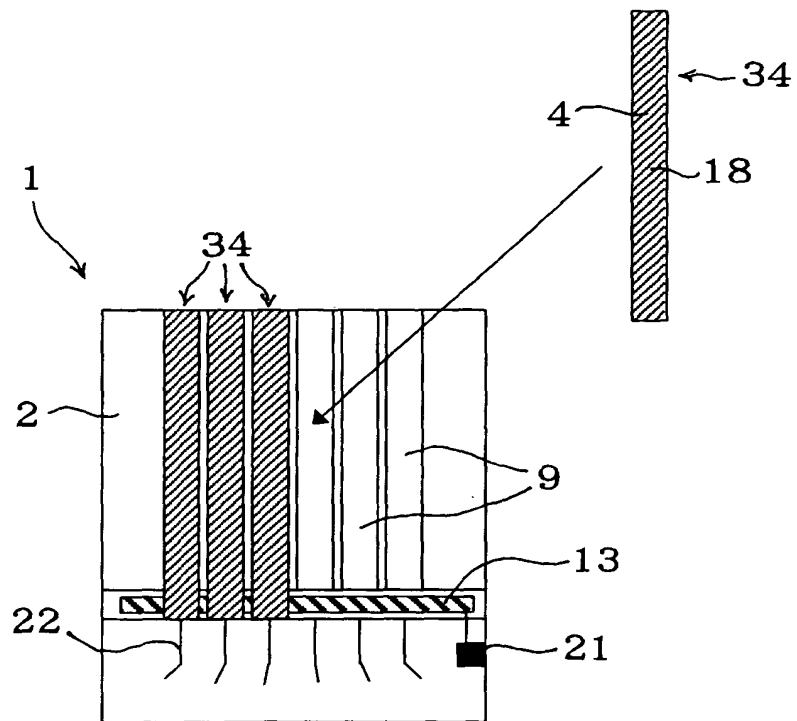
【図 5】



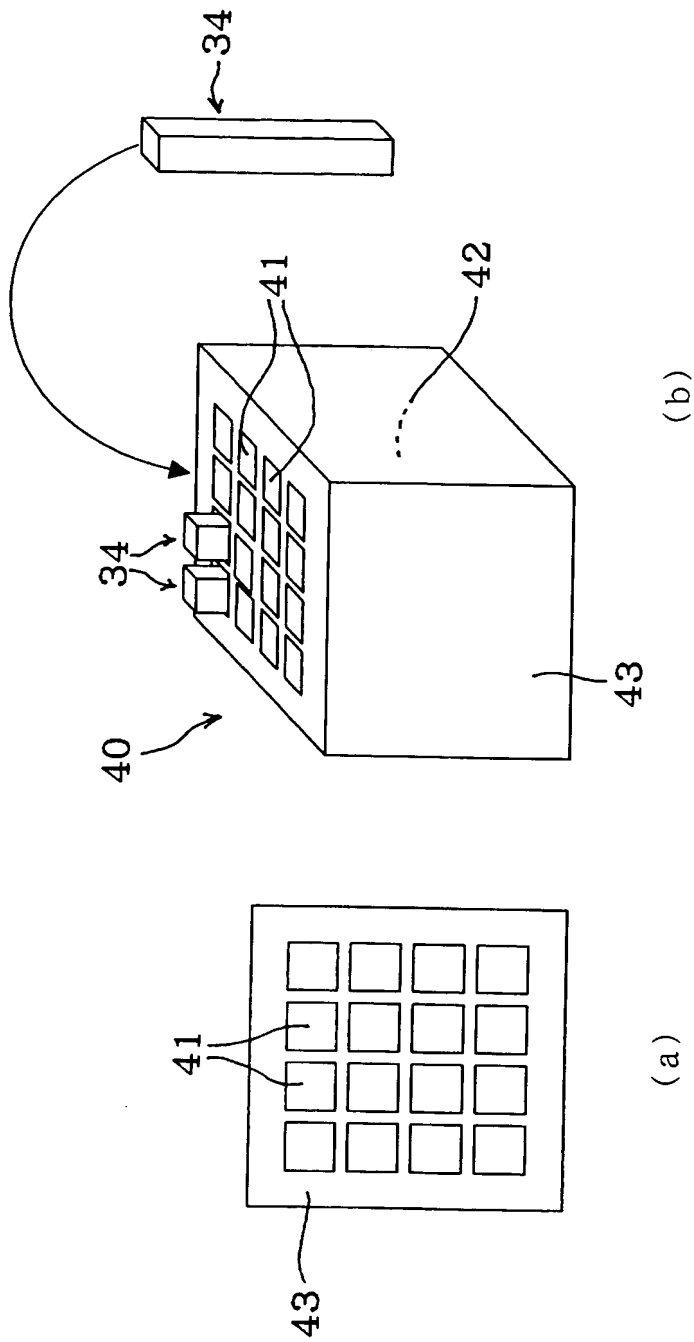
【図 6】



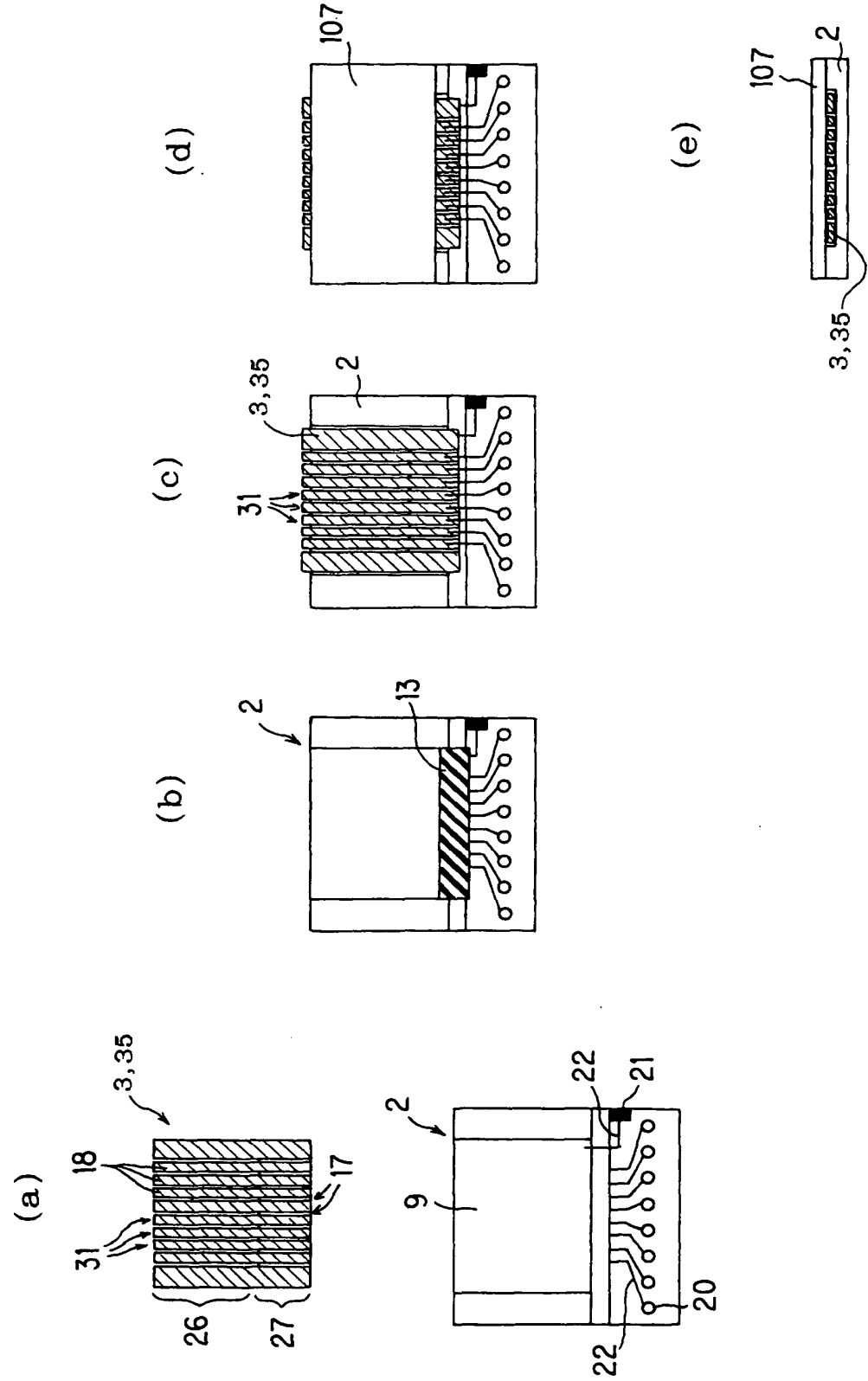
【図 7】



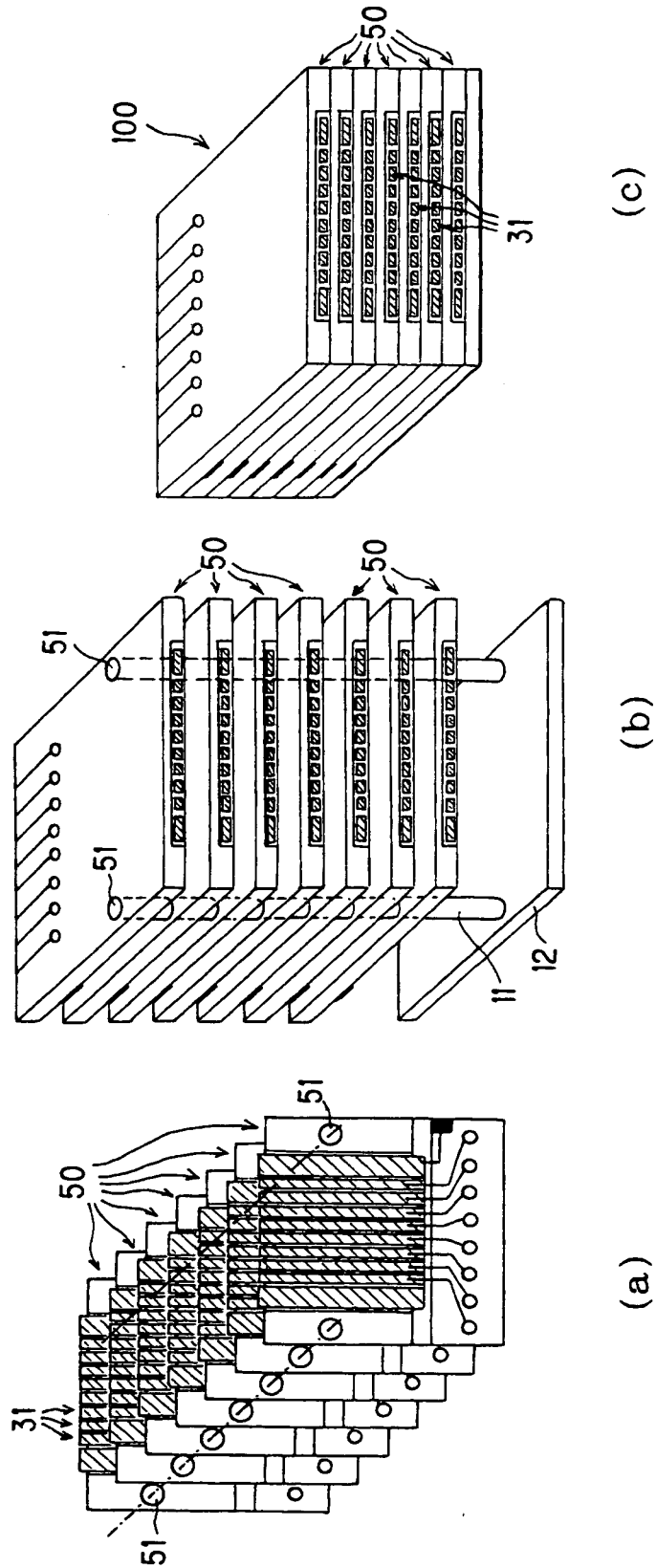
【図 8】



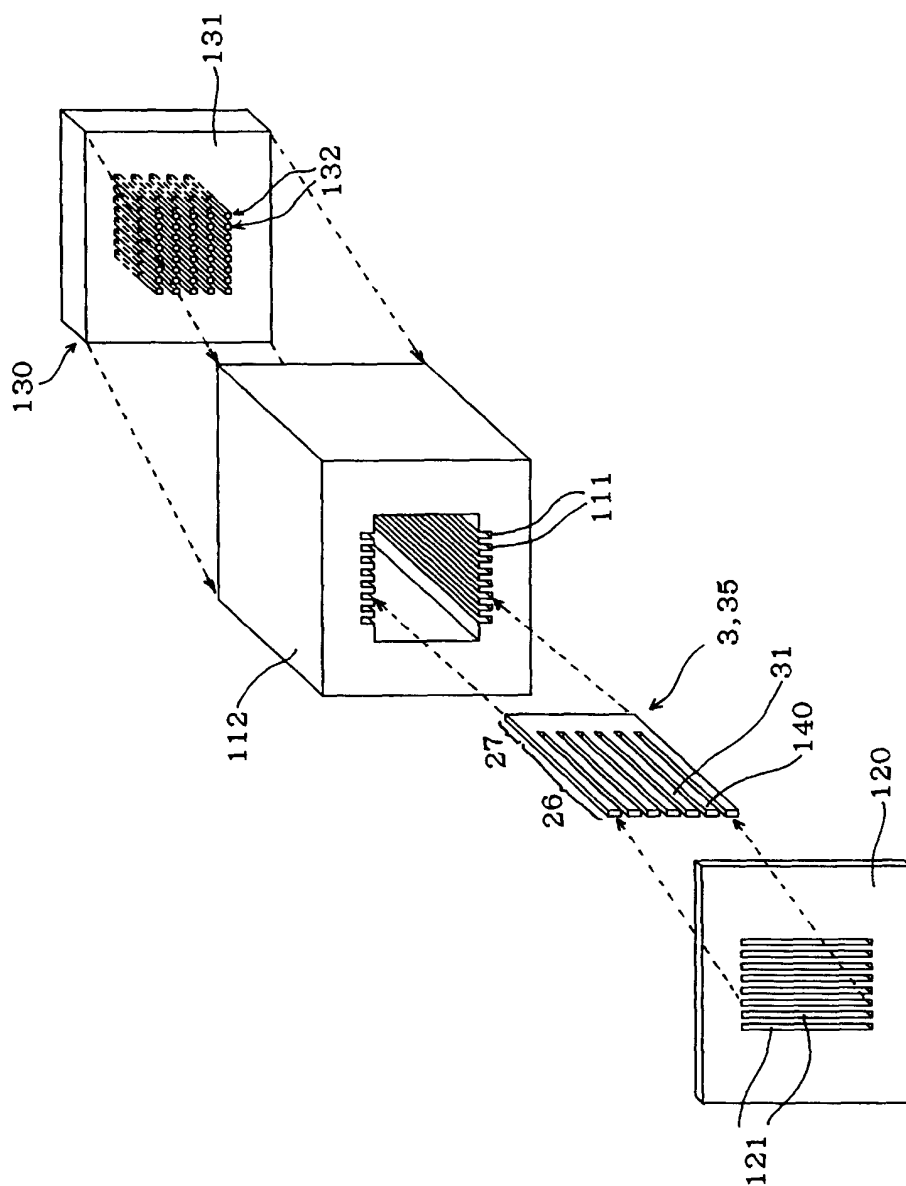
【図 9】



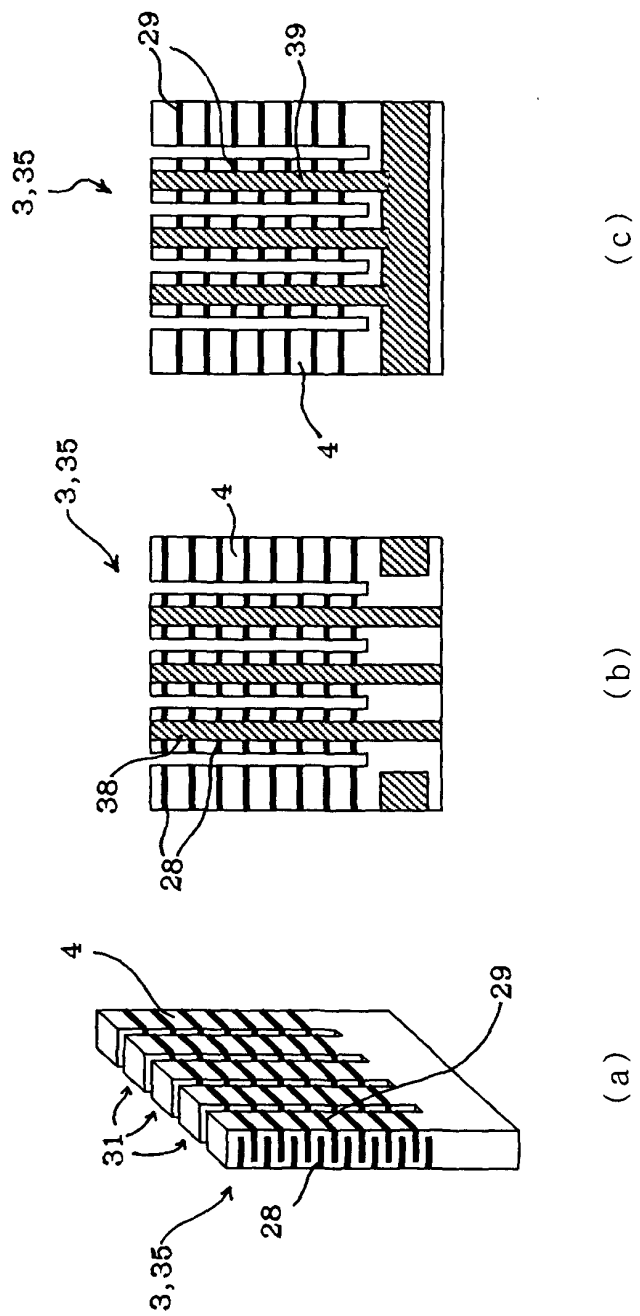
【図 10】



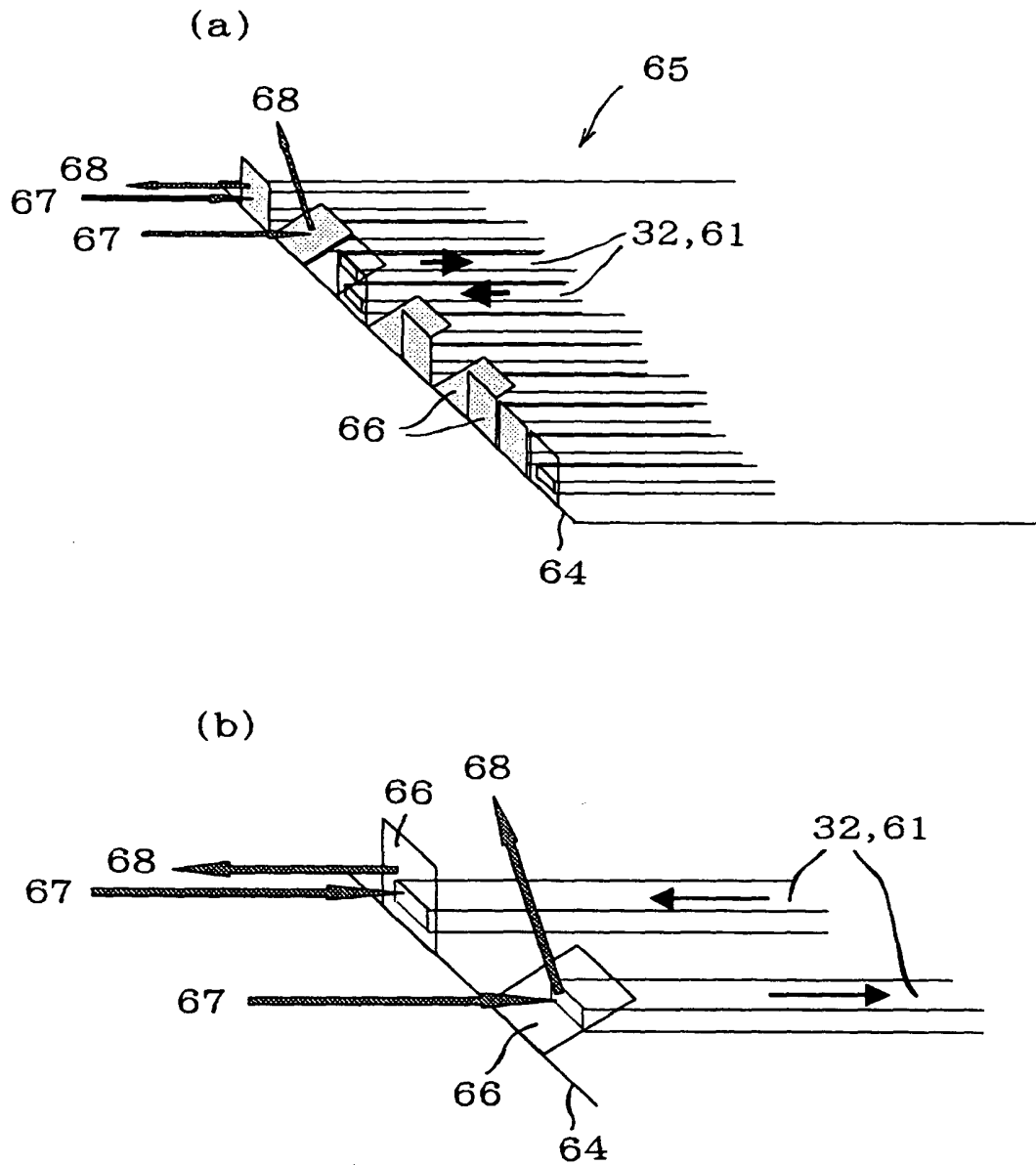
【図 11】



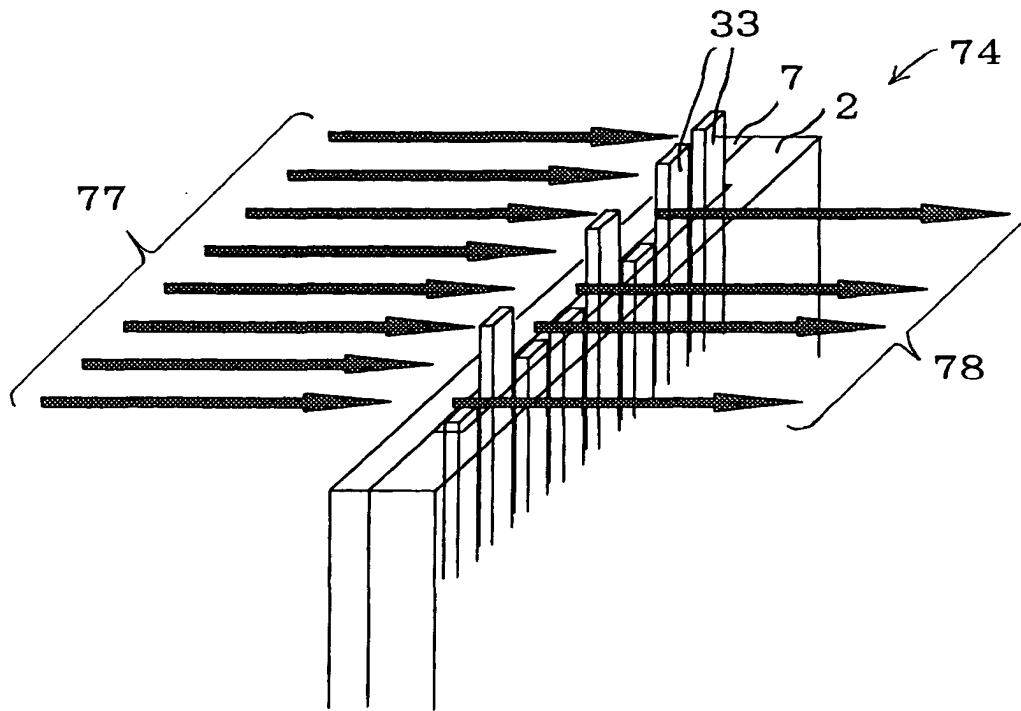
【図 12】



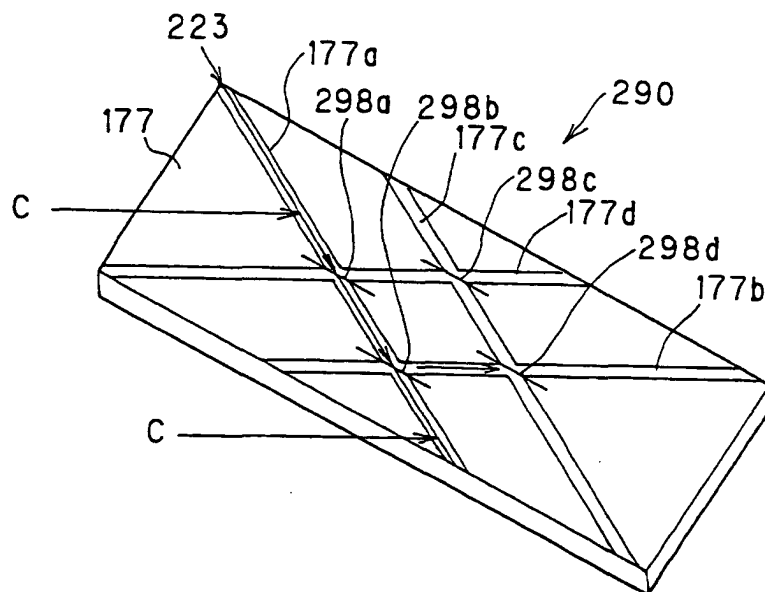
【図 13】



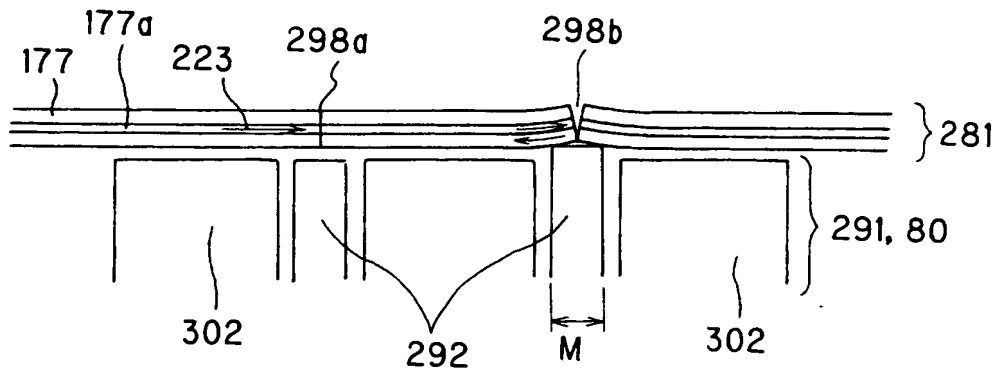
【図 14】



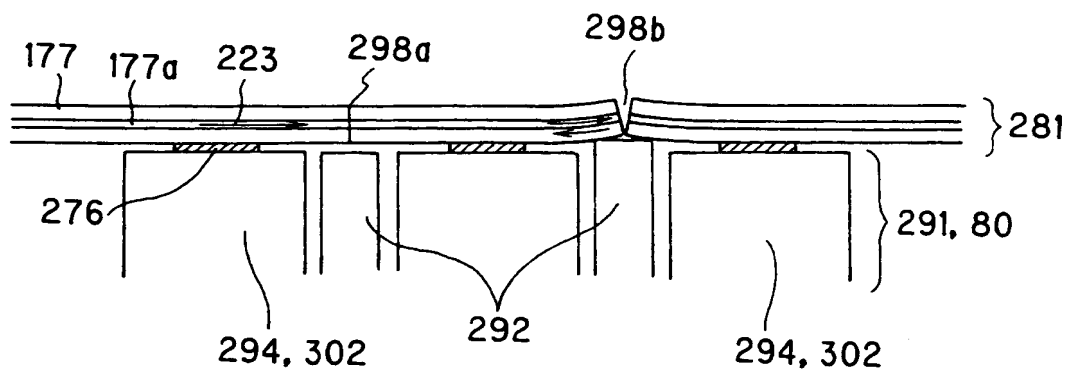
【図 15】



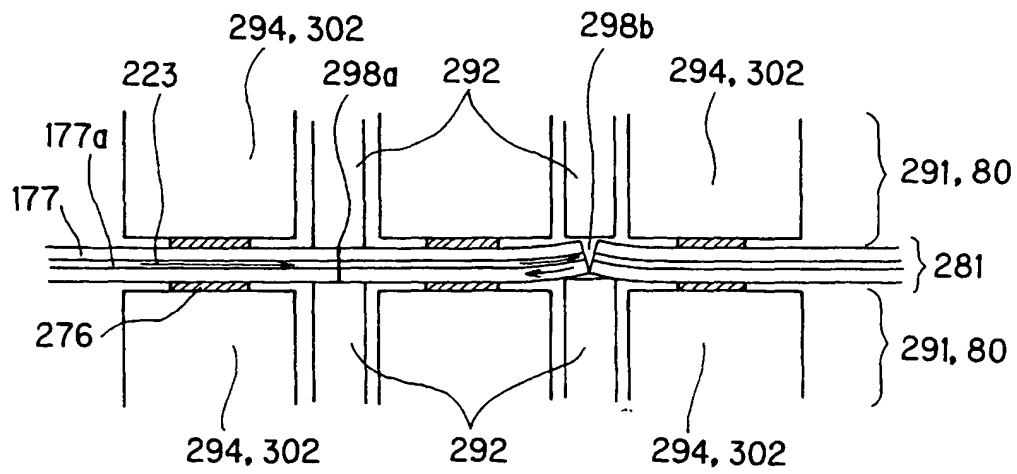
【図 16】



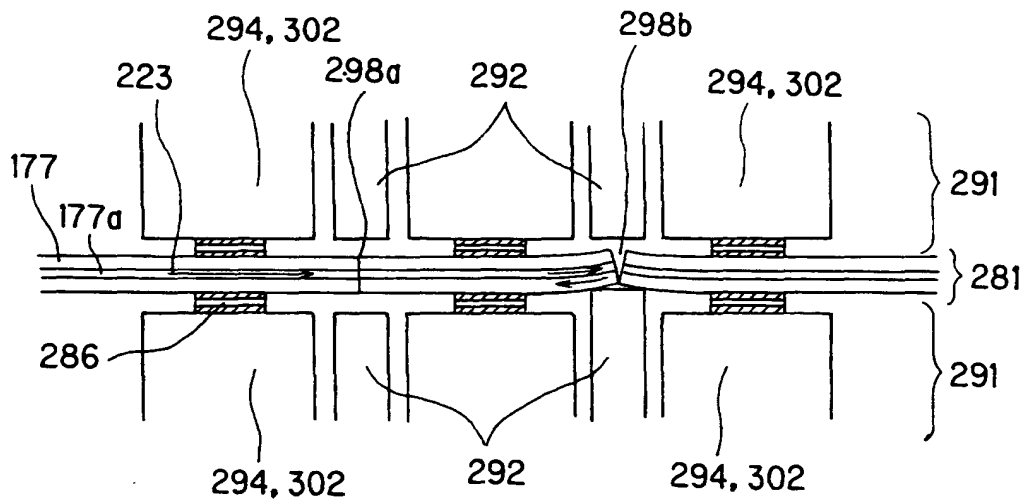
【図 17】



【図 18】

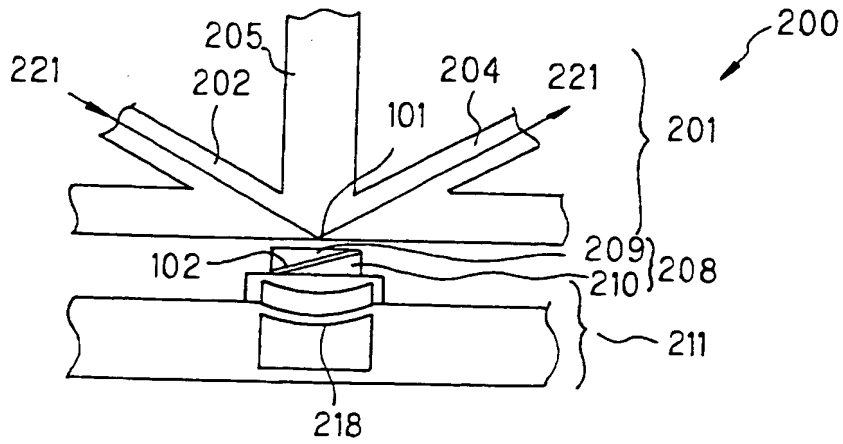


【図 19】

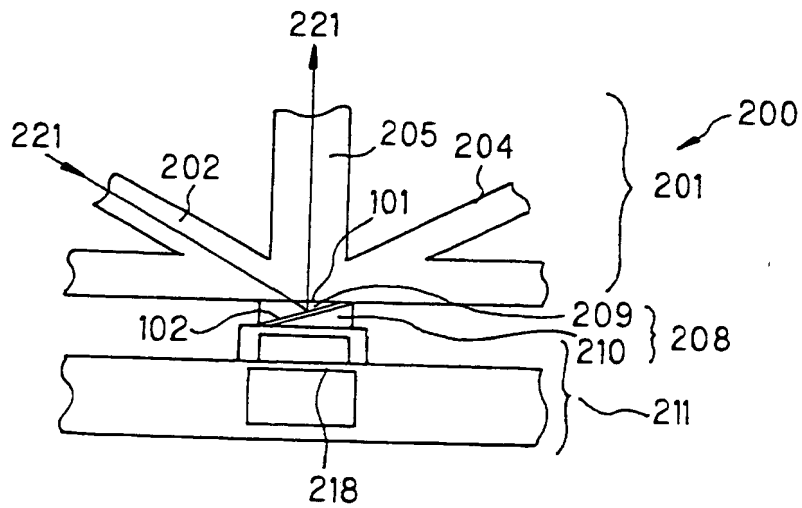


【図 20】

(a)



(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 より低電圧で大変位が得られ、且つ、発生力が大きく、加えて、実装性に優れ、より高集積化が可能である一次元圧電アクチュエータアレイを提供する。

【解決手段】 板状又は柱状の圧電体 4 と電極 18, 19 を含み、圧電体 4 の圧電効果に基づき駆動される圧電素子 35 を備え、圧電素子 35 が平面的に配列された一次元圧電アクチュエータアレイ 1 である。圧電素子 35 が、櫛歯 26 をその一方の端部で連結した全体として平面的な櫛形状となるように成形されて、櫛歯 26 の部分を複数の駆動部 31 とする圧電素子基板 3 を構成するとともに、圧電素子基板 3 の少なくとも一部が所定の位置に収納される収納用凹部 9 を有するガイド基板 2 を更に備えてなり、ガイド基板 2 と圧電素子基板 3 とが、階層的に積層可能な状態で一体化されてなるものである。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-174077
受付番号	50301020279
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成15年 6月23日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000004064

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号

【氏名又は名称】 日本碍子株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】 100088616

【住所又は居所】 東京都台東区浅草橋3丁目20番18号 第8菊
星タワービル3階 渡邊一平国際特許事務所

【氏名又は名称】 渡邊 一平

次頁無

特願 2 0 0 3 - 1 7 4 0 7 7

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 0 6 4]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 4 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号

氏 名

日本碍子株式会社